

Tronçon n° 15 :

▪ Localisation :

	Coordonnées en X	Coordonnées Y
Début du tronçon	03 22 842	03 22 141
Fin du tronçon	05 60 376	05 60 592

- Type de revêtement : Piste
- Etat de la voie d'accès : Bon
- Longueur : 300 m
- Largeur : 5,80 m
- Accotement : Enherbés
- Fossé : 2 fossés de chaque côté (1 m de profondeur)
- Densité de la population : Aucune
- Remarque : →Lignes électriques perpendiculaires et parallèles à la piste
→Abri bus proche de la RN1



Figure 67: Début du tronçon 15



Figure 68: Abri bus proche de la RN1

2.2.11 Tronçon n° 16

Expertise voies accès Wayabo

Tronçon 16

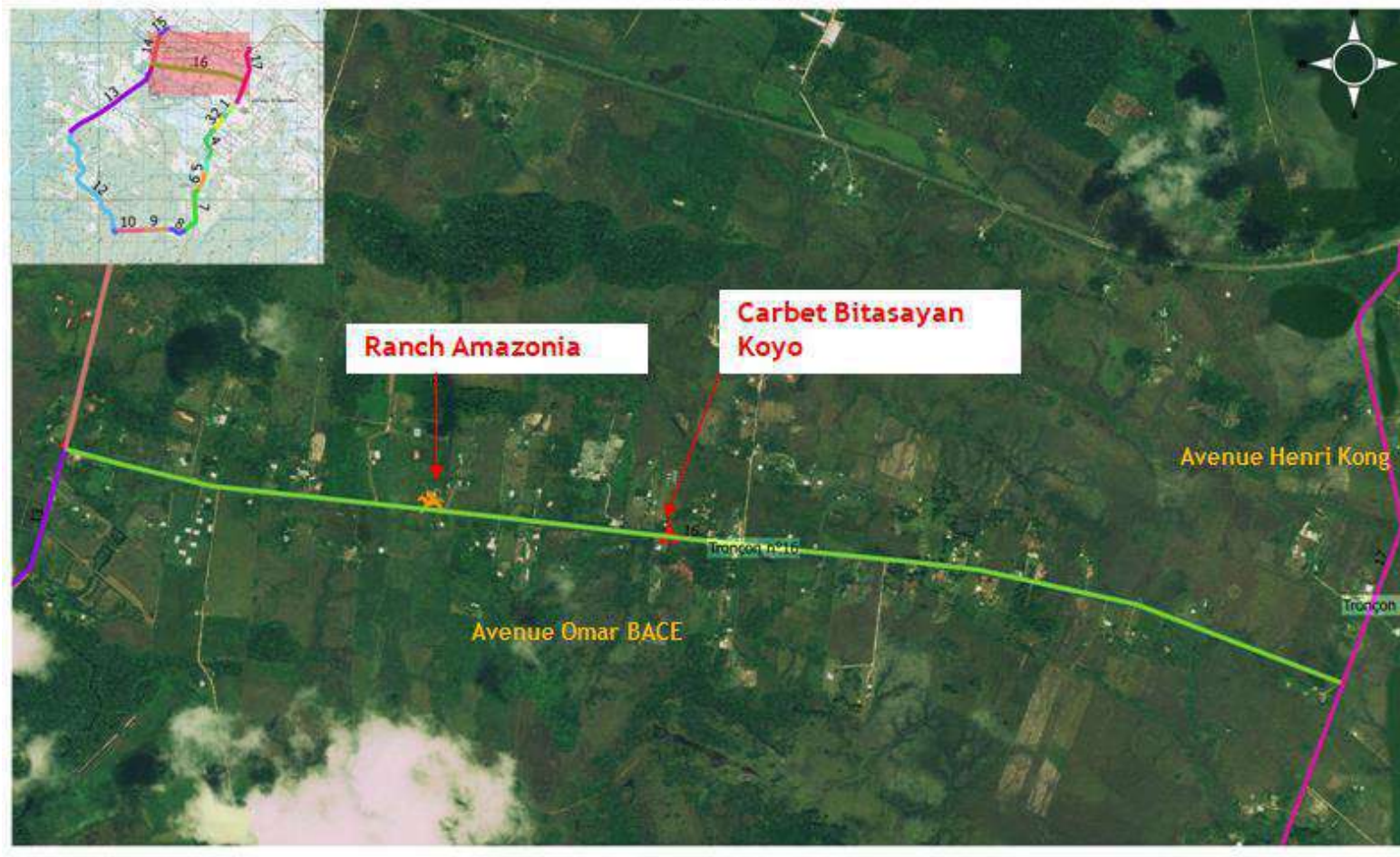


Figure 69 : Localisation du tronçon n° 16 sur fond ortho photographique

Tronçon n° 16 :

- Localisation :

	Coordonnées en X	Coordonnées Y
Début du tronçon	03 22 463	03 26 664
Fin du tronçon	05 59 012	05 58 228

- Type de revêtement : Enrobé
- Etat de la voie d'accès : Bon
- Longueur : 4 400 m
- Largeur : 5 m
- Accotement : Enherbés
- Fossé : 2 fossés de chaque côté (1 m de profondeur)
- Densité de la population : Dense (habitations tout le long de la route)
- Remarque : →Lignes électriques (très fréquentes tout le long de la route)
→Carbet Bitasayan Koyo
→Ranch Amazonia

De nombreuses lignes électriques sont présentes tout au long de la route. Elles n'ont pas été représentées sur la carte (pour éviter une surcharge visuelle) mais toutes ont été répertoriées dans le SIG.



Figure 70: Début du tronçon 16



Figure 71: Carrefour avec Avenue Henri Kong

2.2.12 Tronçon n° 17

Expertise voies accès Wayabo

Tronçon 17

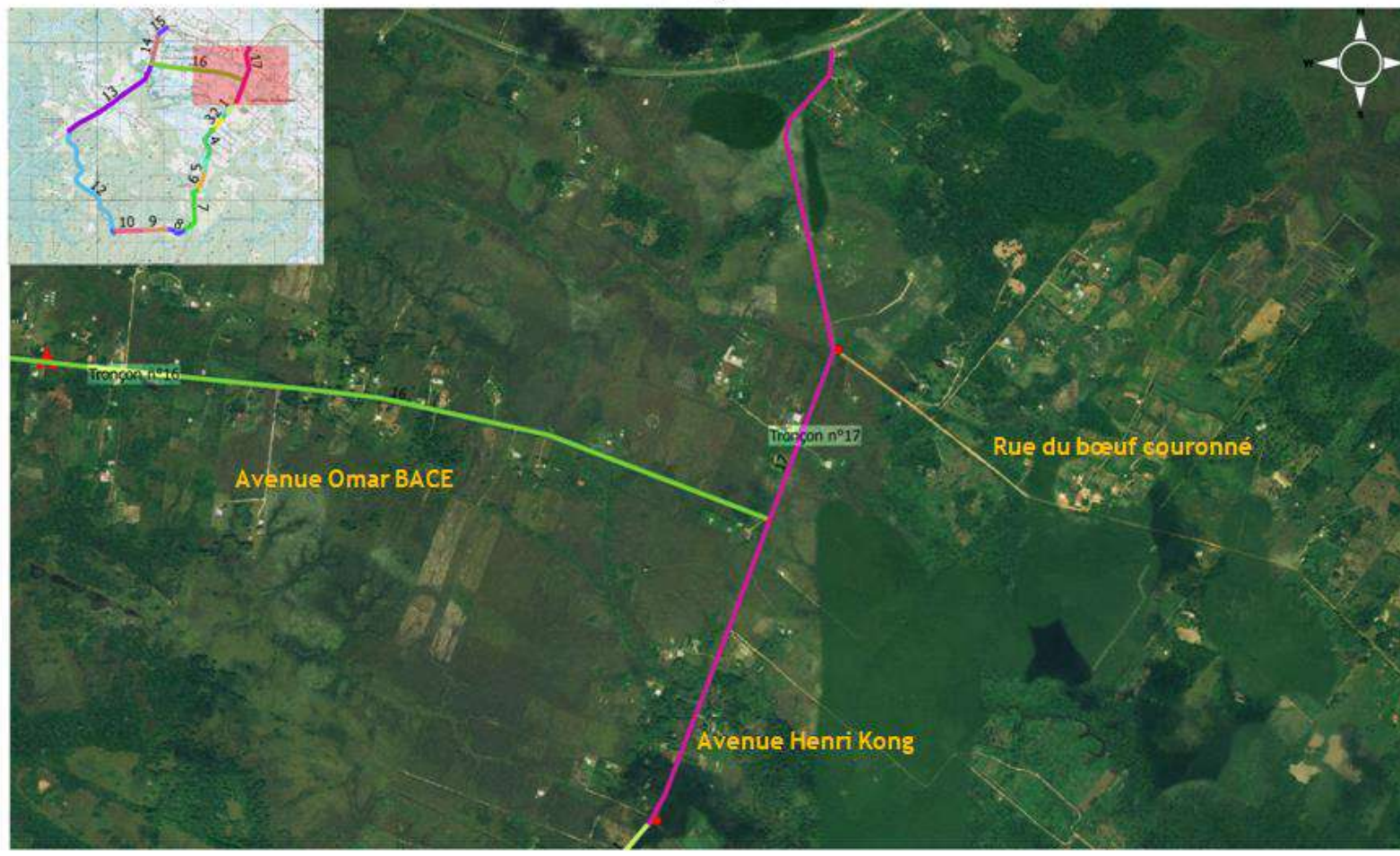


Figure 72 : Localisation du tronçon n° 17 sur fond ortho photographique

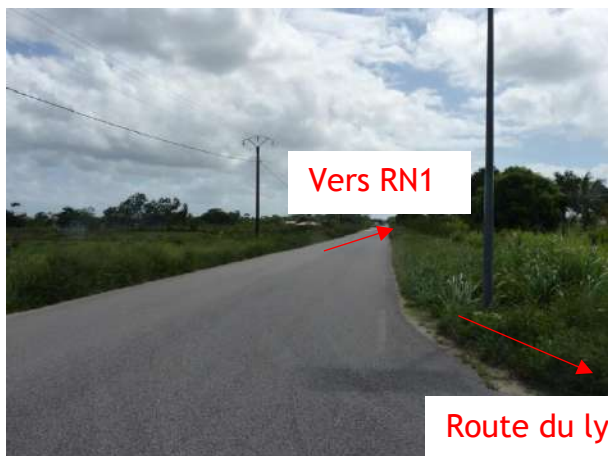


Tronçon n° 17 :

▪ Localisation :

	Coordonnées en X	Coordonnées Y
Début du tronçon	03 26 302	03 26 873
Fin du tronçon	05 57 302	05 59 671

- Type de revêtement : Enrobé
- Etat de la voie d'accès : Très bon
- Longueur : 2 500 m
- Largeur : 7 m
- Accotement : Enherbés
- Fossé : 2 fossés de chaque côté (1 m de profondeur)
- Densité de la population : 4 à 6 habitations
- Remarque :
 - Lignes électriques (très fréquentes tout le long de la route)
 - Carrefour avec la Rue Bœuf Couronné



Route du lycée Matiti

Figure 73: Début du tronçon 17



Figure 74: Abri bus Avenue Henri Kong



Figure 75: Carrefour avec Rue bœuf couronné



Figure 76: Carrefour avec la RN1

3 Fréquentation des voies d'accès

3.1 Méthodologie

Pour évaluer la fréquentation des voies d'accès, les passages des véhicules ont été comptabilisés durant la journée du 08 février 2018 de 6h15 à 19h00, au niveau de deux carrefours :

- Nord : carrefour entre la rue de la crique des singes rouges et Omar Bace
- Sud : carrefour entre la rue Wayabo et le lycée de Matiti.

Note : La route en direction du lycée, ne faisant pas partie des routes d'accès potentiel au site d'accès du projet de Wayabo, n'a pas été expertisée et n'apparaît donc pas sur la carte ci-dessous. Seule la fréquentation de cette route au niveau du carrefour sud a été comptabilisée.

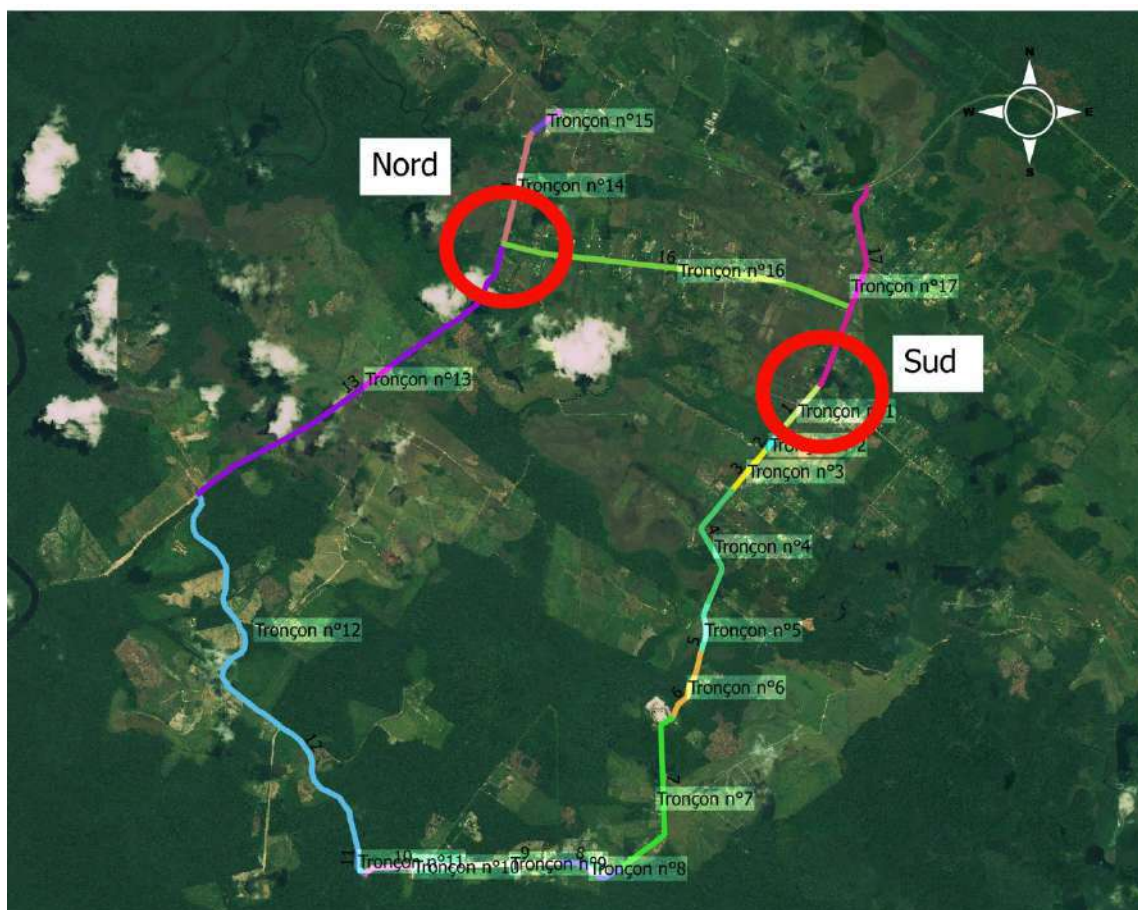


Figure 77 : Localisation des points de comptages sur fond ortho photographique

Au niveau de ces carrefours, la fréquentation des voies a été caractérisée heure par heure et par type de véhicules :

- Véhicule léger (ou VL),
- Poids lourds (ou PL),
- Camionnette ou minibus (avec horaire exact de passage des minibus),
- Bus (avec horaire exact de passage des bus).

Les passages de piétons, de vélos et de motos n'ont pas été recensés.

Une carte d'implantation est donnée pour chaque carrefour, accompagnée des graphiques représentant la fréquentation heure par heure.

3.2 Carrefour nord : rue de la crique des singes rouges et avenue Omar Bace

Au total, au niveau du carrefour nord (entre la rue de la crique des singes rouges et l'avenue Omar Bace), 210 véhicules ont circulé au niveau du carrefour. L'avenue Omar Bace, et la rue du singe rouge en direction de Wayabo recensent chacune environ 40 % du trafic, et seulement 20 % des véhicules se dirigent vers la RN1.

Fréquentation des voies d'accès

Nord: Carrefour Rue du singe rouge et Omar Bace

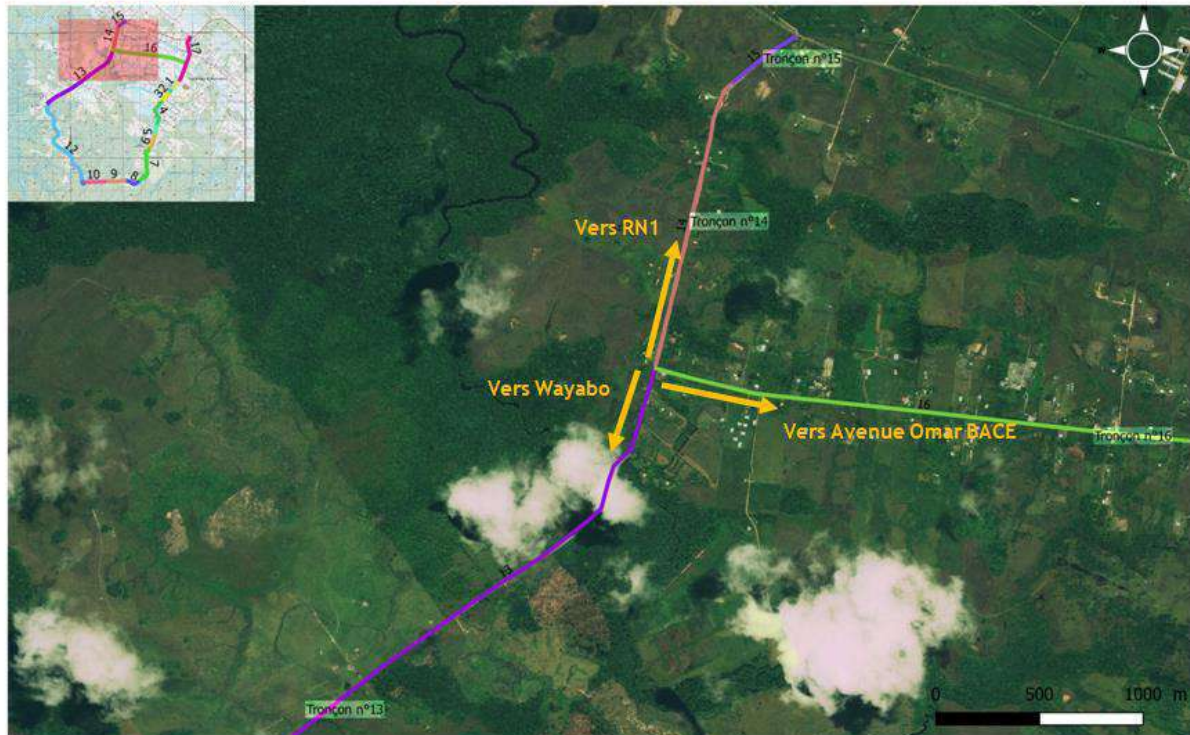


Figure 78 : Localisation du point de comptage carrefour Sud sur fond ortho photographique

La fréquentation moyenne est de 16 véhicules par heure, avec une majorité de véhicules légers (67%) dans chacune des directions. Les camionnettes et minibus (19%) circulent également dans chacune des directions. En revanche, les poids lourds (13 %) n'empruntent que la rue du singe rouge en direction du projet Wayabo et l'avenue Omar Bace. Ils ne vont pas en direction de la RN1. Les poids lourds circulent principalement entre l'avenue Wayabo et l'Avenue O.BACE, très peu circulent sur la rue des singes rouges.

Les graphiques suivants illustrent la fréquentation, répartie par catégorie de véhicules, du carrefour Nord, dans les différentes directions.

Le détail de cette fréquentation est présenté en Annexe 1.

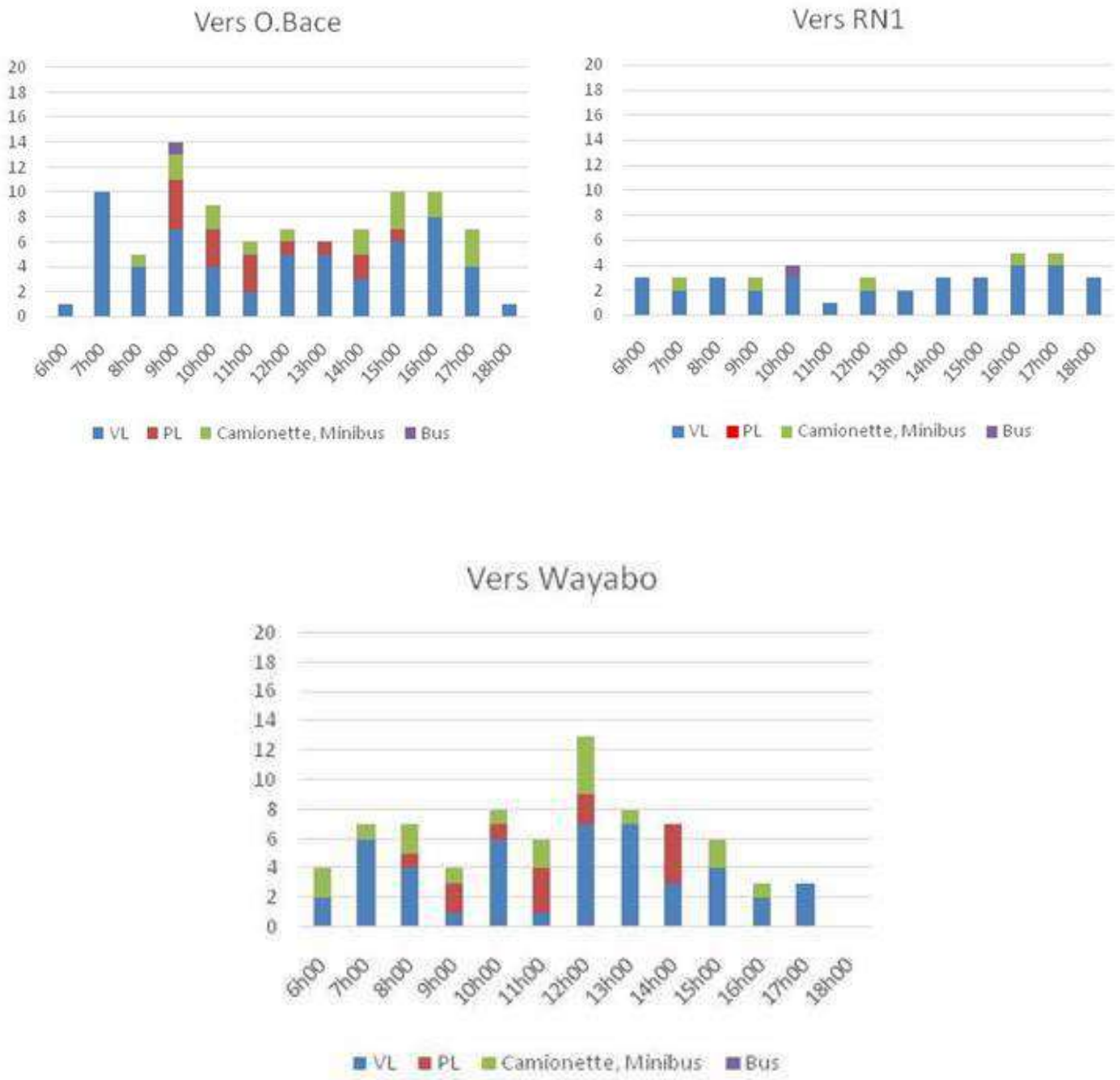


Figure 79 : Répartition du trafic routier par type de véhicules dans les différentes directions desservies par le carrefour Nord

Peu de bus ont été recensés au cours de la journée : seulement deux passages, en direction de l'avenue O. Bace puis de la RN1. Quelques minibus circulent dans les trois directions (Cf. horaires de passage ci-dessous).

Figure 80: Horaires de passages des bus et minibus observés au carrefour Nord (journée du 08/02/2018)

NORD		
Type:	Heure	Direction
Minibus	6h35	Wayabo
Minibus	7h08	RN1
Bus	9h25	O. Bace
Bus	10h30	RN1
Minibus	12h12	Wayabo
Minibus	12h34	Wayabo
Minibus	12h37	RN1
Minibus	16h10	O. Bace
Minibus	17h00	O.Bace

Globalement, il y a peu de circulation à cet embranchement.

3.3 Carrefour sud : route de Wayabo et rue du Lycée Matiti

Au total, 761 véhicules ont circulé au niveau du carrefour présenté à la figure suivante.

Au contraire du carrefour nord, 50 % du trafic est dirigé vers la RN1. 29% des véhicules se dirigent vers le lycée, et seulement 21% vers Wayabo.



Figure 81 : Localisation du point de comptage sur fond ortho photographique

La fréquentation moyenne est de 58 véhicules par heure, avec un pic de fréquentation entre 7 h et 8 h du matin, principalement des véhicules légers en direction du lycée (les cours débutent à 7h30). Le même pic de fréquentation n'est pas apparu en fin d'après-midi : il est intéressant de noter que le jour de la comptabilisation des véhicules, une réunion a eu lieu jusqu'à 19h00 au lycée. Par conséquent, la majorité des professeurs a emprunté le carrefour plus tard que l'heure habituelle de fin des cours (17h30).

72 % des véhicules comptabilisés sont des véhicules légers. Ils circulent dans toutes les directions, ainsi que les camionnettes et minibus (15%). En revanche, les poids lourds (8 %) empruntent principalement la route de Wayabo en direction du projet, ou en direction de la RN1. Ils ne vont que très peu en direction du lycée.

Les graphiques suivants illustrent la fréquentation, répartie par catégorie de véhicules, du carrefour, dans les différentes directions.

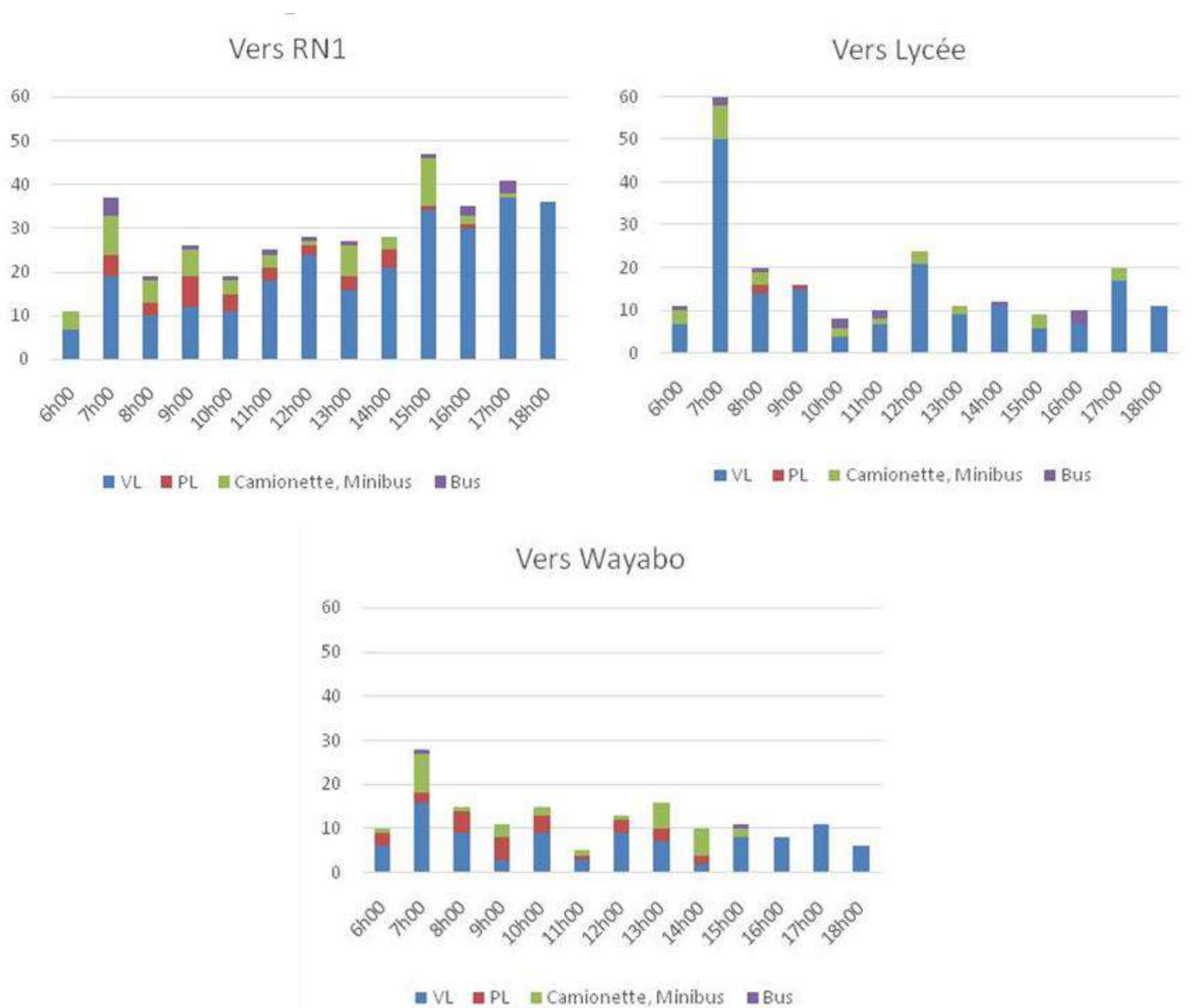


Figure 82 : Répartition du trafic routier par type de véhicules dans les différentes directions desservies par le carrefour Sud

Le détail de cette fréquentation est présenté en Annexe 2.

De nombreux bus circulent au niveau du carrefour, qui est lui-même un arrêt pour certains d'entre eux (Cf. tableau ci-dessous). Ils vont principalement vers le lycée ou vers la RN1.

Figure 83 : Horaires de passage observés des bus et minibus au carrefour Sud

TYPE:	HEURE	DIRECTION	TYPE:	HEURE	DIRECTION
Minibus	6h40	Lycée	Bus	11h08	RN1
Minibus	6h42	RN1	Bus	11h13	Lycée
Minibus	6h57	Lycée	Bus	12h17	RN1
Bus	6h58	Lycée	Bus	13h50	Carrefour
Minibus	7h00	Carrefour	Bus	13h39	Lycée
Bus	7h01	RN1	Minibus	15h00	Lycée
Bus	7h04	Lycée	Bus	15h30	Wayabo
Bus	7h07	RN1	Minibus	15h43	Wayabo
Bus	7h17	Lycée	Minibus	15h48	Wayabo
Bus	7h20	RN1	Bus	15h50	RN1
Minibus	7h25	Wayabo	Minibus	16h01	RN1
Bus	7h28	Wayabo	Bus	16h08	RN1
Minibus	7h32	RN1	Bus	16h11	Lycée
Minibus	7h40	RN1	Bus	16h14	RN1
Minibus	7h40	Wayabo	Minibus	16h17	RN1
Bus	7h42	RN1	Minibus	16h19	Carrefour
Minibus	7h47	RN1	Bus	16h34	Lycée
Bus	7h59	Lycée	Bus	16h58	Lycée
Bus	8h65	RN1	Minibus	17h26	Lycée
Bus	8h56	Lycée	Minibus	17h33	RN1
Minibus	9h04	RN1	Bus	17h34	RN1
Bus	10h03	Lycée	Minibus	17h34	Lycée
Minibus	10h08	RN1	Bus	17h35	RN1
Bus	10h11	RN1	Bus	17h35	RN1
Bus	10h48	Lycée			

3.4 Horaires et circuits des bus de ramassage scolaires

Aucun bus scolaire en provenance de la commune de Kourou ne dessert le territoire de la CACL, donc le lycée agricole de Matiti ainsi que Macouria, selon les informations recueillies auprès de la Mairie de Kourou (jointe en date du 15/02/2018).

Concernant le territoire de la Communauté d'Agglomération du Centre Littoral, des ramassages scolaires existent via plusieurs lignes de bus selon les horaires suivants :

Figure 84 : Horaires de passage de desserte du lycée Matiti (source : site internet de la CACL consulté en Février 2018)

Aller, arrivée au lycée agricole de Matiti	Retour, départ du lycée agricole de Matiti
I-ROU2	I-ROU2
6h50	12h00
610 - H1	610 - H1
6h50	17h30
120 - H1	120 - H1
7h	17h30
MAC-5B	MAC-5B
7h05	15h48
207 - H1	207 - H1
7h25	17h40
I-ROU3	I-ROU3
X	14h15

Tous les bus scolaires proviennent de la RN1 sauf MAC-5B qui vient de Matiti et part vers Macouria.

Pour les bus 120 - H1 et 207 - H1, l'arrêt précédant celui du lycée agricole est situé au niveau du village de Macouria.

Pour les bus 610 - H1 et I-ROU2, un arrêt se situe à PK40 (savane Matiti) au bord de la RN1 au niveau du carrefour avec l'avenue Henri Kong.

Quant à lui, le bus MAC - 5B provient des lotissement Agricoles de Matiti puis va au lycée agricole de Matiti, s'arrête ensuite au carrefour avec l'avenue Bœuf couronné et au croisement PK40 avec l'avenue Henri Kong pour aller finalement à Macouria.

Les horaires et trajets de chaque bus sont donnés en annexe 3 (source : www.odm973.com/CACL).

Par ailleurs, nous avons repérer un abris bus sur l'avenue Wayabo au niveau du carrefour avec l'impasse des Cabris et un au niveau de la RN1 au niveau du carrefour avec la rue du singe rouge.

Or, nous n'avons pas plus d'informations sur celui-ci que celles recueillies et indiquées ci-dessus.

4 Conclusions

Actuellement, deux voies d'accès sont possibles pour rejoindre le site du projet :

- Par l'avenue du Pic Saint Loup à l'Est,
- Par la piste Crique des singes rouges puis l'avenue de Wayabo par l'Ouest.

Suite au référencement de ces deux voies d'accès, nous avons pu constater que toutes deux nécessitent des aménagements plus ou moins importants.

Avenue du Pic Saint Loup

Depuis le croisement avec la route du lycée agricole jusqu'à la carrière, la piste est en bon état, large et entretenue régulièrement. Par ailleurs, après la carrière jusqu'au carrefour de l'entrée du site projet, la route est étroite et en mauvais état. Les accotements sont pour la plupart enherbés, donc peu praticables en saison des pluies car peu stables.

De plus, le pont situé environ 5 km après la carrière (tronçon n°8) devra être renforcé pour permettre un passage fréquent de véhicules lourds. Un aménagement de la route avant et après le pont devra aussi être réalisé pour le stationnement des poids lourds dans le cas d'un croisement éventuel entre deux véhicules.

Piste Crique des singes rouges

Depuis la RN1 jusqu'au croisement avec l'Avenue Wayabo, la piste est bon état avec toutefois quelques nids de poules. Cependant, elle nécessiterait un élargissement pour permettre le croisement de deux véhicules lourds.

Par ailleurs, un renforcement serait nécessaire au niveau du pont béton (à proximité du Carbet Matiti Paradise) ainsi que deux aires de stationnement avant et après en cas de croisement éventuel entre deux véhicules lourds.

Avenue Wayabo

Cette piste nécessite d'importants aménagements : elle est en très mauvais état par endroit, peu large, et peu entretenue.

De plus, deux passages busés ont été répertoriés et doivent être élargis tout comme la route.

Nous constatons que les deux voies d'accès sont toutes deux étroites hormis au début de chaque tronçon.

Cependant, il pourrait être envisageable d'emprunter les deux voies en sens unique, au lieu d'emprunter une seule des deux voies d'accès en double sens (ce qui nécessite d'importants élargissements des voies). Ainsi, les voies d'accès doivent seulement être refaites mais pas nécessairement élargies. Il conviendra toutefois de faire en sorte que chaque voie permette le croisement d'un véhicule PL et d'un véhicule agricole.

Les tronçons de largeur inférieure à 5 mètres sont les tronçons :

- 7 et 9 sur l'avenue du pic Saint-Loup ;
- 14 sur la rue des singes rouges.

Ces tronçons devront être élargis afin de permettre le croisement d'un PL et d'un véhicule agricole.



Annexes



Annexe 1 : Détail de la fréquentation du carrefour Nord

Plage horaire	RN1				Wayabo				O. Bace				TOTAL/heure	pourcentages
	VL	PL	Camionnette, Minibus	Bus	VL	PL	Camionnette, Minibus	Bus	VL	PL	Camionnette, Minibus	Bus		
6h00	3	0	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0	8	4%
7h00	2	0	1	0	6	0	1	0	10	0	0	0	20	10%
8h00	3	0	0	0	4	1	2	0	4	0	1	0	15	7%
9h00	2	0	1	0	1	2	1	0	7	4	2	1	21	10%
10h00	3	0	0	1	6	1	1	0	4	3	2	0	21	10%
11h00	1	0	0	0	1	3	2	0	2	3	1	0	13	6%
12h00	2	0	1	0	7	2	4	0	5	1	1	0	23	11%
13h00	2	0	0	0	7	0	1	0	5	1	0	0	16	8%
14h00	3	0	0	0	3	4	0	0	3	2	2	0	17	8%
15h00	3	0	0	0	4	0	2	0	6	1	3	0	19	9%
16h00	4	0	1	0	2	0	1	0	8	0	2	0	18	9%
17h00	4	0	1	0	3	0	0	0	4	0	3	0	15	7%
18h00	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	2%
Total/type	35	0	5	1	46	13	17	0	60	15	17	1	210	
Pourcentages	85%	0%	12%	2%	61%	17%	22%	0%	65%	16%	18%	1%		
Total/voie	41				76				93					



Annexe 2 : Détail de la fréquentation du carrefour Sud

Plage horaire	RN1				Wayabo				Lycée				TOTAL/heure	
	VL	PL	Camion- nette, Minibus	Bus	VL	PL	Camion- nette, Minibus	Bus	VL	PL	Camion- nette, Minibus	Bus		
6h00	7	0	4	0	6	3	1	0	7	0	3	1	32	4%
7h00	19	5	9	4	16	2	9	1	50	0	8	3	126	17%
8h00	10	3	5	1	9	5	1	0	14	2	3	1	54	7%
9h00	12	7	6	1	3	5	3	0	15	1	0	0	53	7%
10h00	11	4	3	1	9	4	2	0	4	0	2	2	42	6%
11h00	18	3	3	1	3	1	1	0	7	0	1	2	40	5%
12h00	24	2	1	1	9	3	1	0	21	0	3	0	65	9%
13h00	16	3	7	1	7	3	6	0	9	0	2	0	54	7%
14h00	21	4	3	0	2	2	6	0	11	0	0	1	50	7%
15h00	34	1	11	1	8	0	2	1	6	0	3	0	67	9%
16h00	30	1	2	2	8	0	0	0	7	0	0	3	53	7%
17h00	37	0	1	3	11	0	0	0	17	0	3	0	72	9%
18h00	36	0	0	0	6	0	0	0	11	0	0	0	53	7%
TOTAL	275	33	55	16	97	28	32	2	179	3	28	13	761	
Pourcentages	73%	9%	15%	4%	61%	18%	20%	1%	80%	1%	13%	6%		
Total/voie	379				159				223					



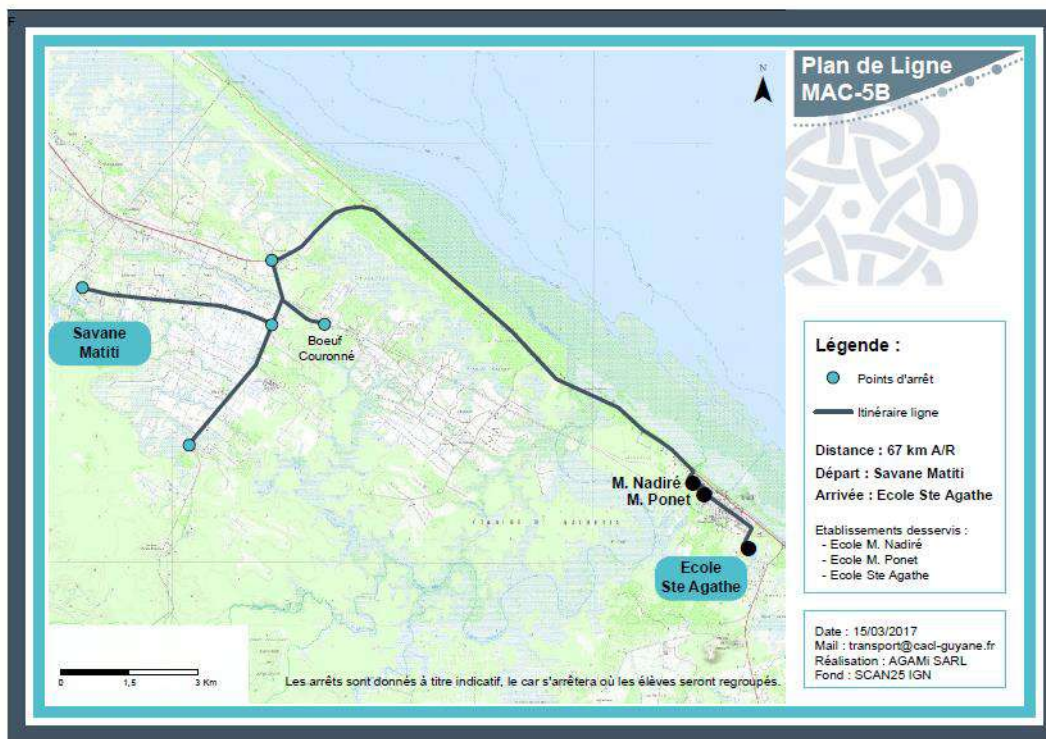
Annexe 3 : Horaires et trajets des bus de la CACL

Sources pour les horaires et les trajets : www.odm973.com/CACL

BUS MAC-5B

🚌 MAC-5B (Aller)		
Départ	7h00	Matiti-Lotissement Agricole
	7h05	Matiti-Lycée Agricole
	7h15	Matiti-Boeuf Couronnée
	7h20	RN1-PK40-Savane Matiti
Arrivée	7h35	Ecole Maud Nadiré
Arrivée	7h40	Ecole Michelle Ponet
Arrivée	7h50	Ecole Sainte- Agathe

🚌 MAC-5B (Retour)		
Départ	15h30	Ecole Sainte- Agathe
Départ	15h40	Ecole Michelle Ponet
Départ	15h45	Ecole Maud Nadiré
	15h46	RN1-PK40-Savane Matiti
	15h47	Matiti-Boeuf Couronnée
	15h48	Matiti-Lycée Agricole
Arrivée	15h49	Matiti-Lotissement Agricole



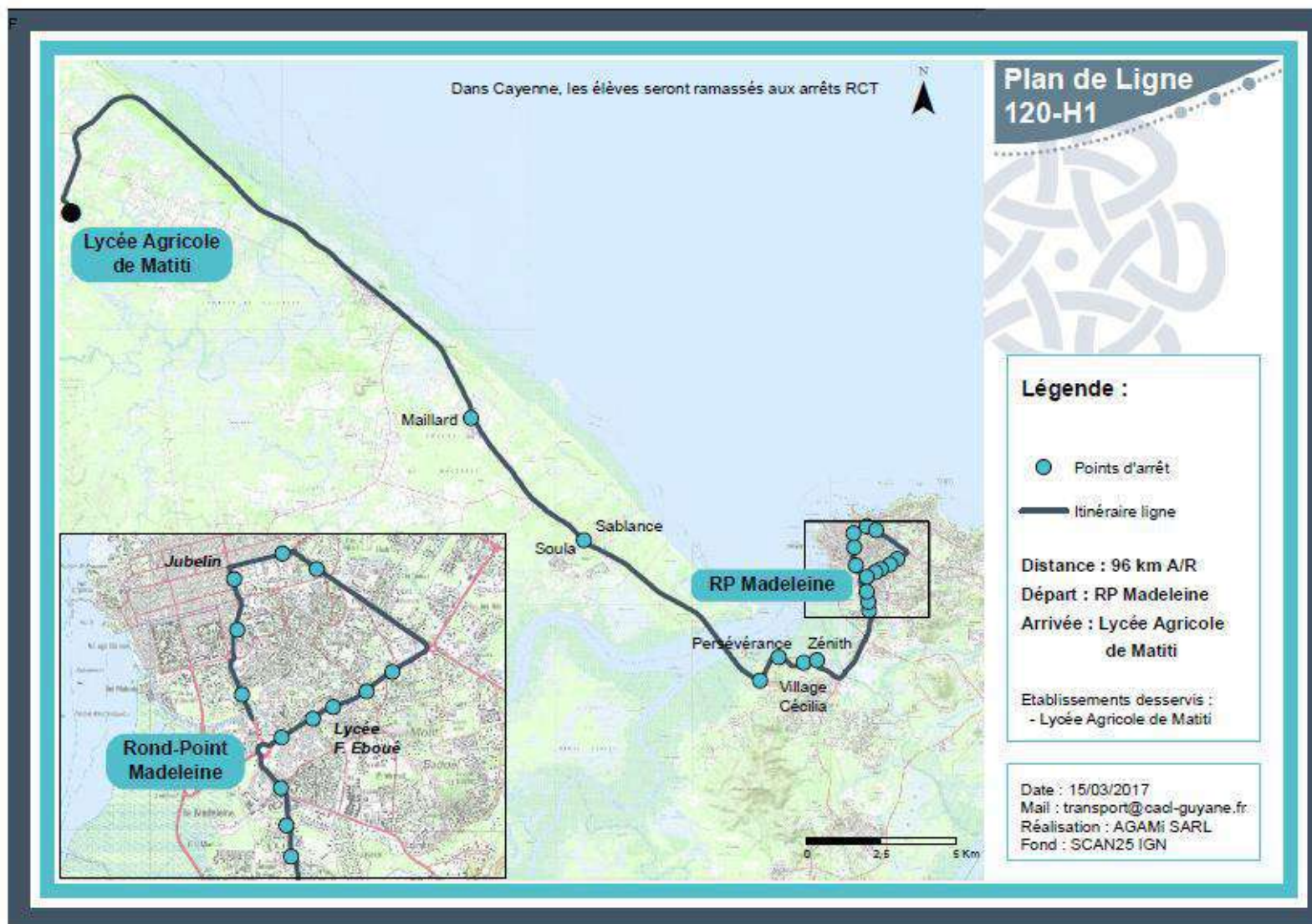
BUS 120-H1



Expertise des voies d'accès au futur site de Wayabo : Rapport technique

120-H1 (Aller)		
Départ	6h00	Rond-Point de la Madeleine
	6h05	Rte de la Madeleine - Mirza
	6h11	Boulevard Jubelin – RCT Maripa
	6h14	Rue d'Estrée – Cimetière de Cayenne
	6h16	Avenue du Général Virgile – Jardin Botanique
	6h18	Baduel – Cité Pasteur
	6h20	Rocade Felix Eboué – Arrêts RCT
	6h25	Rte de la Madeleine – Arrêts RCT
	6h30	Cogneau-Larivot - Scierie
	6h35	Rte du Larivot - Zénith
	6h41	Rte du Larivot-RCT-Village Cécilia
	6h43	Rte du Larivot-RCT-Persévérance
	6h45	RN1-PK9-Village Palikour
	6h46	RN1-Soula
	6h49	RN1-PK15
	6h51	RN1-PK16-Sablance
	6h55	RN1-PK21-Maillard
Arrivée	7h00	Lycée Agricole de Matiti

120-H1 (Retour)		
Départ	17h30	Lycée Agricole de Matiti
	17h35	RN1-PK21-Maillard
	17h40	RN1-PK16-Sablance
	17h45	RN1-PK15
	17h50	RN1-Soula
	17h55	RN1-PK9-Village Palikour
	18h00	Rte du Larivot-RCT-Persévérance
	18h05	Rte du Larivot-RCT-Village Cécilia
	18h10	Rte du Larivot - Zénith
	18h15	Cogneau-Larivot - Scierie
	18h20	Rte de la Madeleine – Arrêts RCT
	18h25	Rocade Felix Eboué – Arrêts RCT
	18h30	Baduel – Cité Pasteur
	18h35	Avenue du Général Virgile – Jardin Botanique
	18h40	Rue d'Estrée – Cimetière de Cayenne
	18h45	Boulevard Jubelin – RCT Maripa
	18h50	Rte de la Madeleine - Mirza
Arrivée	18h55	Rond-Point de la Madeleine

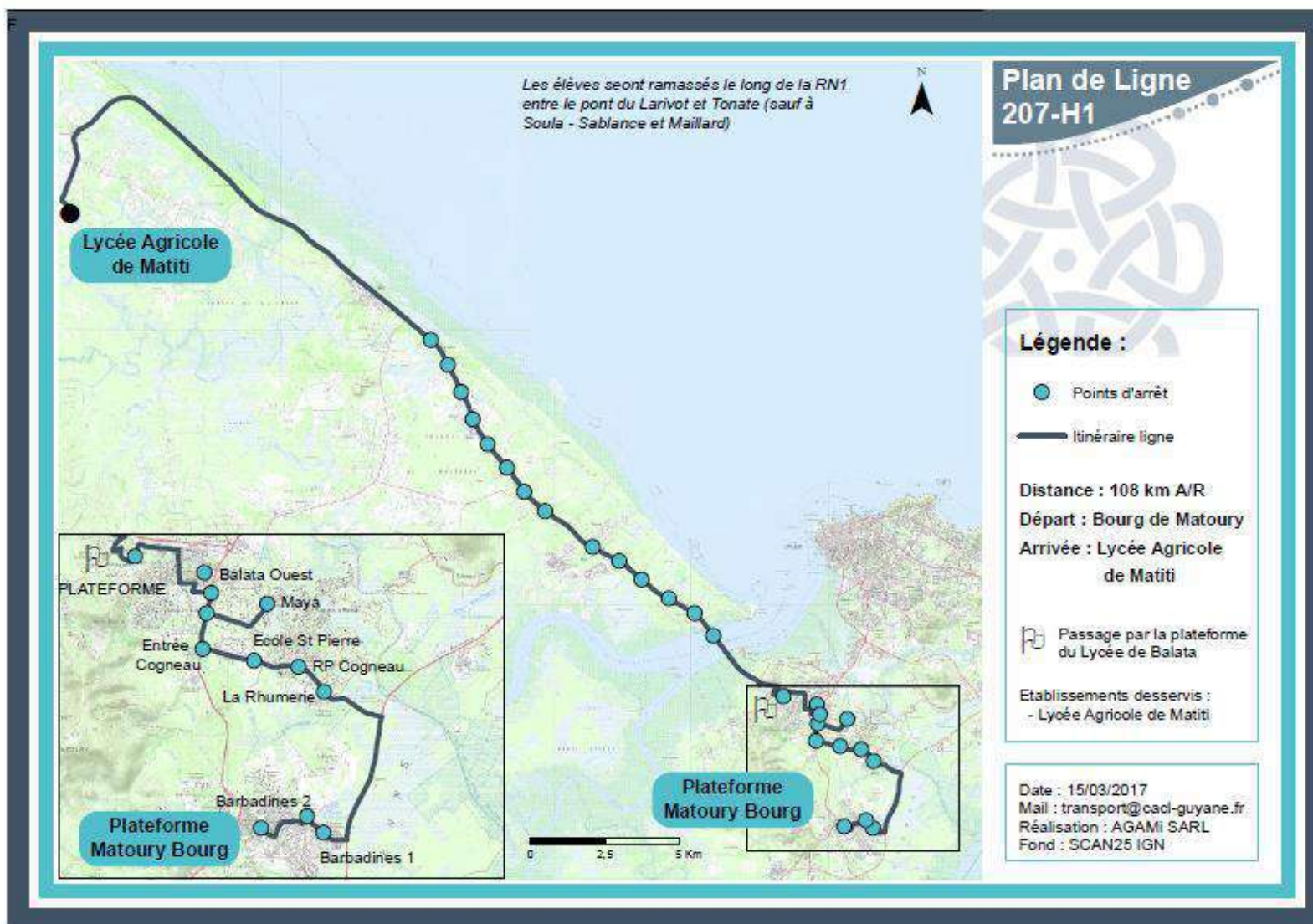




BUS 207-H1

🚌 207-H1 (Aller)		
Départ	6h15	PLATEFORME DU BOURG DE MATOURY
	6h20	Barbadines 2 Barbadines 1
	6h25	La Rhumerie
	6h30	Rond-Point Cogneau-Lamirande
	6h35	Ecole Saint Pierre
	6h37	Entrée Cogneau-Lamirande
	6h40	Maya
	6h45	Balata Ouest
	6h50	PLATEFORME DU LYCEE DE BALATA
	7h10	RN1-PK11
	7h12	RN1-PK12
	7h14	RN1-PK13
	7h16	RN1-PK14
	7h18	RN1-PK17
	7h19	RN1-PK18
	7h20	RN1-PK19
	7h21	RN1-PK20
	7h22	RN1-PK22
	7h23	RN1-PK23
	7h24	RN1-PK24
Arrivée	7h25	Lycée Agricole de Matiti

🚌 207-H1 (Retour)		
Départ	17h40	Lycée Agricole de Matiti
	17h42	RN1-PK24
	17h44	RN1-PK23
	17h46	RN1-PK22
	17h48	RN1-PK20
	17h50	RN1-PK19
	17h52	RN1-PK18
	17h54	RN1-PK17
	17h56	RN1-PK14
	17h58	RN1-PK13
	18h00	RN1-PK12
	18h01	RN1-PK11
	18h02	PLATEFORME DU LYCEE DE BALATA
	18h04	Balata Ouest
	18h06	Entrée Maya
	18h10	Entrée Cogneau-Lamirande
	18h12	Ecole Saint Pierre
	18h14	Rond-Point Cogneau-Lamirande
	18h16	La Rhumerie
	18h20	Barbadines 1
	18h30	Barbadines 2
Arrivée	18h35	PLATEFORME DU BOURG DE MATOURY

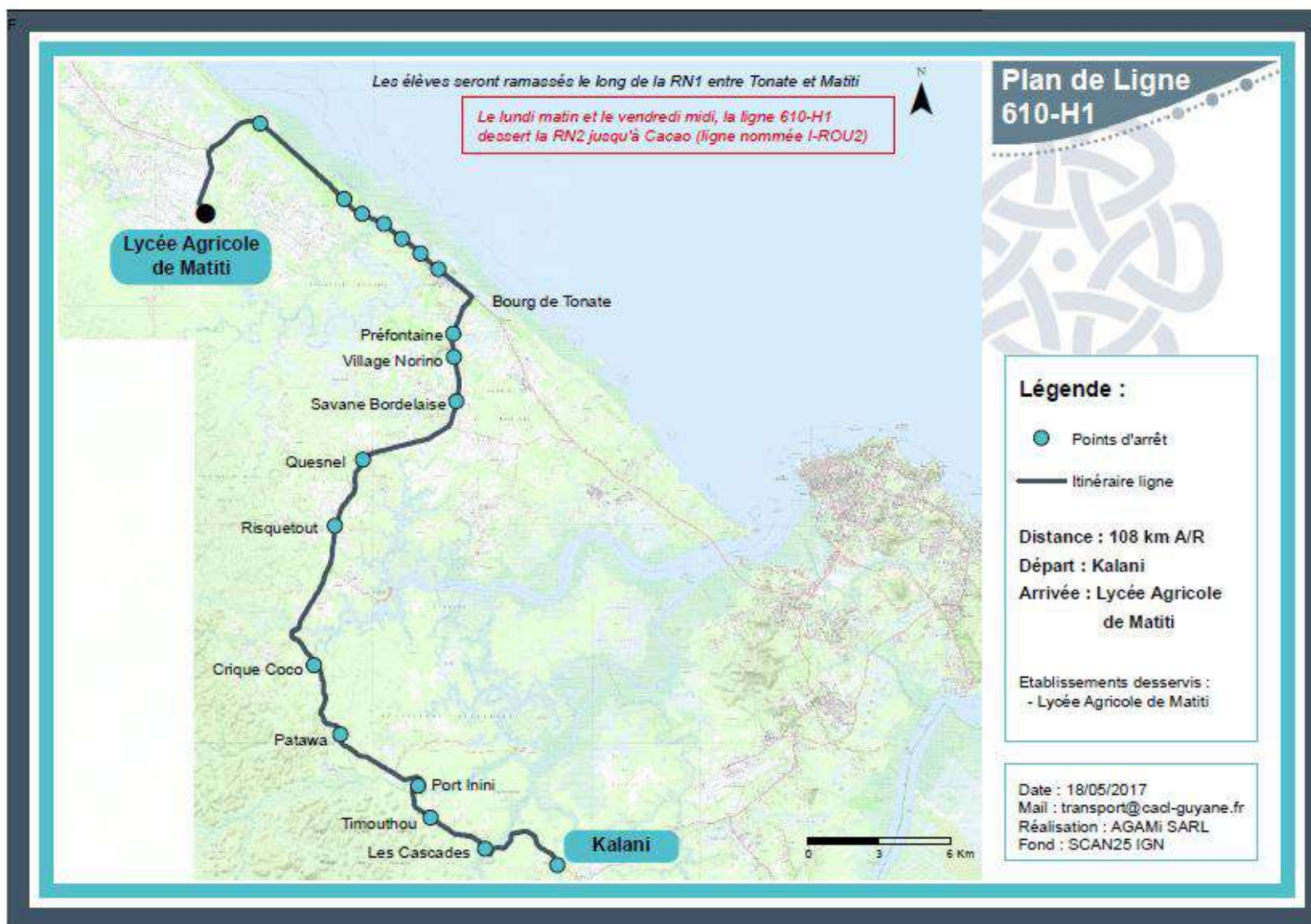




BUS 601-H1

🚍 610-H1 (Aller)		
Départ	5h45	CD5-PK1-Kalani
		CD5-PK3.3
		CD5-PK7-Les Cascades
		CD5-PK8-Timouthou
		CD5-PK9-Port Inini
	6h00	CD5- Carrefour de Tonnégrande
		CD5-PK14.8-Patawa
		CD5-Crique Coco
		CD5-Banane
		CD5-PK21-Savane Lambert
	6h15	CD5-Carrefour de Montisnéry
		CD5-Risquetout
		CD5-Quesnel Ouest/ Quesnel Est
		CD5-Savane Bordelaise
		CD5-Village Norino
		CD5-Prefontaine (entrée)
	6h35	Bourg de Tonate
		RN1-PK27
		RN1-PK28
		RN1-PK34-La Césarée
	6h45	RN1-PK40-Savane Matiti
Arrivée	6h50	Lycée Agricole de Matiti

🚍 610-H1 (Retour)			
Départ		17h30	Lycée Agricole de Matiti
			RN1-PK40-Savane Matiti
			RN1-PK34-La Césarée
			RN1-PK28
			RN1-PK27
		17h55	Bourg de Tonate
			CD5-Prefontaine (entrée)
			CD5-Village Norino
			CD5-Savane Bordelaise
			CD5-Quesnel Ouest/ Quesnel Est
			CD5-Risquetout
		18h20	CD5-Carrefour de Montisnéry
			CD5-PK21-Savane Lambert
			CD5-Banane
			CD5-Crique Coco
			CD5-PK14.8-Patawa
		18h45	CD5- Carrefour de Tonnégrande
			CD5-PK9-Port Inini
			CD5-PK8-Timouthou
			CD5-PK7-Les Cascades
			CD5-PK3.3
Arrivée		19h15	CD5-PK1-Kalani





BUS I-ROU2

🚌 I-ROU2 (Aller)		
Départ	5h00	Bourg de Cacao
		Scierie de Cacao
		RN2-PK45-Domaine Boualnger
		RN2-PK37-Crique Marguerite
		RN2-PK35-Pointe Maripa
		RN2-PK32-Nancibo
		RN2-PK28-Beauséjour
		RN2-PK22
	5h40	RN2-PK19,5-Carrefour du Galion
		CD5-PK1-Kalani
		CD5-PK3.3
		CD5-PK7-Les Cascades
		CD5-PK8-Timouthou
		CD5-PK9-Port Inini
	6h00	CD5- Carrefour de Tonnégrande
		CD5-PK14.8-Patawa
		CD5-Crique Coco
		CD5-Banane
		CD5-PK21-Savane Lambert
	6h15	CD5-Carrefour de Montisnéry
		CD5-Risquetout
		CD5-Quesnel Ouest/ Quesnel Est
		CD5-Savane Bordelaise
		CD5-Village Norino
		CD5-Prefontaine (entrée)
	6h30	Bourg de Tonate
		RN1-PK27
		RN1-PK28
		RN1-PK34-La Césarée
	6h40	RN1-PK40-Savane Matiti
Arrivée	6h50	Lycée Agricole de Matiti

🚌 I-ROU2 (Retour)		
Départ		12h00 Lycée Agricole de Matiti
		RN1-PK40-Savane Matiti
		RN1-PK34-La Césarée
		RN1-PK28
		RN1-PK27
	12h55	Bourg de Tonate
		CD5-Prefontaine (entrée)
		CD5-Village Norino
		CD5-Savane Bordelaise
		CD5-Quesnel Ouest/ Quesnel Est
		CD5-Risquetout
	13h20	CD5-Carrefour de Montisnéry
		CD5-PK21-Savane Lambert
		CD5-Banane
		CD5-Crique Coco
		CD5-PK14.8-Patawa
	13h45	CD5- Carrefour de Tonnégrande
		CD5-PK9-Port Inini
		CD5-PK8-Timouthou
		CD5-PK7-Les Cascades
		CD5-PK3.3
		CD5-PK1-Kalani
	13h55	RN2-PK19,5-Carrefour du Galion
		RN2-PK22
		RN2-PK28-Beauséjour
		RN2-PK32-Nancibo
		RN2-PK35-Pointe Maripa
		RN2-PK37-Crique Marguerite
		RN2-PK45-Domaine Boualnger
		Scierie de Cacao
Arrivée	14h50	Bourg de Cacao



**Annexe EI 13 :
Evaluation de l'état des milieux et des
Risques Sanitaire**

Juillet 2018



SECHE ECO SERVICES

Pôle environnemental de Wayabo (Kourou - Guyane)

Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires

"Un seul métier,
L'environnement Atmosphérique"

Références : Rapport ARIA/2017.046

Documents associés : -

Type de document : Rapport d'études

Avancement du document : Version 1

Accessibilité : Restreint

ARIA Technologies SA

8-10 rue de la Ferme – 92100 Boulogne Billancourt

Tél. : +33 (0)1 46 08 68 60 – Fax : +33 (0)1 41 41 93 17 – E-mail : info@aria.fr - <http://www.aria.fr>

S.A au capital de 779 947 € - SIRET 379 180 474 00049 – Code APE 6201Z – RCS Nanterre B 379 180 474

ARIA Technologies	Titre : Pôle environnemental de Wayabo (Kourou - Guyane) – Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires						
N° rapport ARIA	17.046						
N° action ARIA	17.106						
Nombre de pages	184	Nombre de figures	34	Nombre de tableaux	69	Nombre d'annexes	7
Auteur(s)	ARIA Technologies, Lydia RICOLLEAU Ingénieur Chef de projet Qualité de l'Air – Responsable du pôle Etudes						
Sous-traitants	RINCENT AIR, campagne de mesures in situ						
Intérêt documentaire	Accessibilité		Confidentielle		Libre		
Oui		Non	ARIA Technologies		Restreinte		
Etat du document	Rédacteurs Nom/Date						
Version V1	Lydia RICOLLEAU Le 12/07/2018						
DIFFUSION	Date	DESTINATAIRES				Nombre	
Diffusion informatique	13/07/2018	SECHE ECO SERVICES				1	
Diffusion papier	-	-				-	

SOMMAIRE

1. CADRE DE L'ETUDE.....	9
2. DESCRIPTION DU PROJET	10
3. INVENTAIRE DES EMISSIONS	11
3.1 Rejets dans l'air	11
3.1.1 Recensement des sources d'émission et des substances émises	11
3.1.2 Quantification des émissions.....	15
3.1.3 Bilan des émissions atmosphériques.....	26
3.2 Rejets dans l'Eau	29
4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION	32
4.1 Populations	32
4.2 Populations sensibles.....	34
4.1 Réseau hydrographique	35
4.2 Usages autour du site.....	36
4.2.1 Occupation des sols.....	36
4.2.2 Usages agricoles	37
4.2.3 Activité de loisirs.....	38
4.2.4 Recensement des points d'eau.....	39
4.3 Météorologie.....	40
4.3.1 Données météorologiques	40
4.3.2 Analyse météorologique.....	41
4.4 Qualité de l'air	45
4.4.1 Réglementation de la qualité de l'air en France.....	45
4.4.2 Bilan de la qualité de l'air	48
5. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION	53
6. INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX (IEM)	56
6.1 Méthodologie	56
6.1.1 Présentation générale de la méthodologie de l'IEM	56
6.1.2 Etape 1 : détermination de la dégradation ou non du milieu	57
6.1.3 Etape 2 : comparaison aux valeurs de gestion disponibles	57
6.1.4 Etape 3 : grille de calcul IEM.....	57
6.1.5 Application au pôle environnemental de Wayabo	59
6.2 Etat du milieu « Air »	60
6.2.1 Campagne de mesure – Etat Initial.....	60
6.2.2 Comparaison avec l'environnement local témoin.....	62
6.2.3 Comparaison aux valeurs réglementaires de gestion	63
6.3 Conclusion	64
7. EVALUATION PROSPECTIVE DES RISQUES SANITAIRES	65
7.1 Choix des traceurs de risque, identification des dangers et relations dose-réponse.....	65
7.1.1 Substances émises par le site	65
7.1.2 Identification des dangers	65
7.1.3 Etude des relations dose-réponse	67
7.1.4 Choix des traceurs de risque	74
7.2 Etude de la dispersion atmosphérique	76
7.2.1 Données d'entrée	76
7.2.2 Détermination des concentrations dans l'air et des dépôts au sol.....	79

7.3	Evaluation de l'exposition humaine	90
7.3.1	Voies d'exposition	90
7.3.2	Exposition par inhalation	90
7.3.3	Exposition par ingestion	93
7.4	Caractérisation des risques	106
7.4.1	Méthodologie	106
7.4.2	Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil.....	108
7.4.3	Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil	111
7.5	Incertitudes	112
7.5.1	Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique.....	112
7.5.2	Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires.....	114
8.	CONCLUSION	116
ANNEXES		118
Annexe 1 : Campagne de mesure de polluants dans l'air ambiant réalisée par Rincent Air		119
I.	CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE	124
II.	METHODOLOGIE	124
III.	PLAN D'ECHANTILLONNAGE	125
IV.	CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE	127
V.	RESULTATS	128
VI.	ANNEXES	131
ANNEXE 2 : DESCRIPTION DU MODELE NUMERIQUE ARIA IMPACT		134
ANNEXE 3 : CARTES DE CONCENTRATION EN MOYENNE ANNUELLE		139
ANNEXE 4 : CARTES DE DEPOTS AU SOL		152
ANNEXE 5 : BASE DE DONNEES CIBLEX		159
ANNEXE 6 : RESULTATS PAR TRANCHE D'AGE DE LA CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES POUR L'EXPOSITION PAR VOIE DIGESTIVE		163
ANNEXE 7 : FICHES TOXICOLOGIQUES		165
	1,2-dichloroéthane (N° CAS : 107-06-2).....	166
	Arsenic (N° CAS : 7440-38-2).....	167
	Benzo(a)pyrène (N° CAS : 50-32-8)	168
	Benzène (N° CAS : 71-43-2).....	169
	Formaldéhyde (N° CAS : 50-00-0)	170
	Cadmium (N° CAS 7440-43-8)	171
	Chrome (N° CAS 7440-47-3).....	172
	Sulfure d'hydrogène (N° CAS : 7783-06-4).....	173
	Acide chlorhydrique (N° CAS 7647-01-0)	174
	Acide fluorhydrique (N° CAS 7664-39-3).....	175
	Manganèse (N° CAS 7439-96-5).....	176
	Mercuré (N° CAS 7439-97-6).....	177
	Monoxyde de carbone (N° CAS : 630-08-0)	178
	Nickel (N° CAS : 7440-02-0).....	179
	Dioxyde d'azote (N° CAS 10102-44-0).....	180
	Plomb (N° CAS 7439-92-1)	181
	Poussières (PM10 et PM2,5).....	182
	Dioxyde de soufre (N° CAS : 7446-09-5)	183
	Zinc (N° CAS 7440-66-6)	184

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : sources d'émissions potentielles recensées sur le site	13
Tableau 2 : composés émis par les installations du site	14
Tableau 3 : caractéristiques de la zone de stockage	17
Tableau 4 : concentrations dans le biogaz	17
Tableau 5 : flux de polluants au niveau de la zone de stockage (émissions diffuses de biogaz)	18
Tableau 6 : flux de poussières générés par le déversement des déchets	18
Tableau 7 : caractéristiques des rejets des moteurs.....	19
Tableau 8 : concentrations de polluants en sortie de cheminée des moteurs.....	19
Tableau 9 : flux de polluants en sortie de cheminée des moteurs	20
Tableau 10 : caractéristiques de la torchère.....	21
Tableau 11 : concentration en sortie de torchère	21
Tableau 12 : flux de polluants en sortie de torchère	22
Tableau 13 : données pour le calcul des émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site	23
Tableau 14 : émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site	23
Tableau 15 : nombre de jours de pluie supérieure ou égale à 0,254 mm	24
Tableau 16 : émissions liées aux envols de poussières au passage des camions	24
Tableau 17 : facteurs d'émission liés aux engins d'exploitation	25
Tableau 18 : caractéristiques des engins sur le site	25
Tableau 19 : émissions liées aux engins	25
Tableau 20 : émissions liées à la distribution de carburant	26
Tableau 21 : bilan des émissions dans l'air (en tonnes/an)	28
Tableau 22 : données de population (Source : Insee, Recensements de la population, mise à jour mars 2017)	33
Tableau 23 : recensement agricole 2010 (recensement le plus récent disponible)	38
Tableau 24 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues	42
Tableau 25 : statistiques relatives à la pluviométrie - station de Cayenne-Matoury	43
Tableau 26 : statistiques relatives à la température de l'air - station de Cayenne-Matoury	44
Tableau 27 : valeur réglementaire française relative à la qualité de l'air	46
Tableau 28 : concentrations moyennes annuelles mesurées par les stations fixes par l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (source : ORA).....	48
Tableau 29 : concentrations moyennes mesurées lors des campagnes de mesure ponctuelles par l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (source : ORA)	49
Tableau 30 : résultats de la campagne de mesure.....	52
Tableau 31 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM.....	59
Tableau 32 : résultats de mesures	62
Tableau 33 : comparaison avec l'environnement local témoin	62
Tableau 34 : synthèse des valeurs réglementaires pour l'air ambiant	63
Tableau 35 : compatibilité avec les usages pour le milieu Air	63
Tableau 36 : substances recensées sur le site.....	65
Tableau 37 : classifications CIRC, US-EPA et Union Européenne pour les effets cancérigènes	66
Tableau 38 : identification des dangers par substances	66
Tableau 39 : disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence (exposition chronique)	69
Tableau 40 : valeurs guides	71
Tableau 41 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil	71
Tableau 42 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil	73
Tableau 43 : classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR.....	74

Tableau 44 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des espèces étudiées.....	80
Tableau 45 : réglementation en vigueur en France pour la santé humaine	82
Tableau 46 : concentrations en moyenne annuelle.....	84
Tableau 47 : dépôts totaux au sol moyens annuels.....	88
Tableau 48 : concentration en moyenne annuelle et valeurs guides OMS	90
Tableau 49 : récapitulatif du scénario inhalation retenu	91
Tableau 50 : doses d'exposition par inhalation.....	92
Tableau 51 : dépôts de mercure utilisés pour tenir compte de la spéciation du mercure dans l'environnement.....	95
Tableau 52 : concentrations dans les sols.....	96
Tableau 53 : facteurs relatifs aux végétaux.....	98
Tableau 54 : facteurs de bioconcentration air/plante (B _v exprimés par rapport à la plante fraîche)....	98
Tableau 55 : paramètres physico-chimiques.....	99
Tableau 56 : facteurs de bioconcentration sol/plante (B _r exprimés par rapport à la plante fraîche)....	99
Tableau 57 : contamination totale des plantes (via le sol, l'air et les dépôts de particules)	100
Tableau 58 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)	100
Tableau 59 : contamination des produits d'origine animale liée à l'installation	103
Tableau 60 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge (données CIBLEX - Enquêtes Kannari 2013-2014).....	104
Tableau 61 : fraction d'aliments auto-produits – moyenne nationale métropole (données CIBLEX) .	104
Tableau 62 : Dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge	105
Tableau 63 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation.....	108
Tableau 64 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion	109
Tableau 65 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par organe cible	110
Tableau 66 : excès de Risque Individuel pour les traceurs du risque sans seuil	111
Tableau 67 : synthèse des risques à seuil (quotient de danger global par organe cible)	117
Tableau 68 : synthèse des risques sans seuil (Excès de Risque Individuel global)	117
Tableau 69 : doses journalières d'exposition pour la voie digestive.....	164

FIGURES

Figure 1 : localisation du projet de pôle environnemental de Wayabo.....	10
Figure 2 : synoptique global de la filière de traitement des lixiviats	13
Figure 3 : localisation de la zone de stockage du pôle environnemental de Wayabo	15
Figure 4 : production de biogaz pour le pôle environnemental de Wayabo à Kourou (source : PRODEVAL).....	16
Figure 5 : localisation des sources atmosphériques.....	27
Figure 6 : synoptique global de la filière de traitement des lixiviats	29
Figure 7 : plan du réseau de gestion des eaux pluviales	30
Figure 8 : bassin versant et point de rejet possible (ACG)	31
Figure 9 : communes présentes sur le domaine d'étude.....	32
Figure 10 : localisation des habitations les plus proches	33
Figure 11 : localisation des populations sensibles	34
Figure 12 : réseau hydrographique (BD TOPO® Hydrographie, IGN).....	35
Figure 13 : occupation du sol (données CORINE Land Cover 2012).....	36
Figure 14 : culture majoritaire sur chaque îlot de culture (données RPG 2016)	37
Figure 15 : localisation des captages d'Alimentation en Eau Potable (Source : http://www.adeseaufrance.fr/).....	39
Figure 16 : rose des vents générale – Station Cayenne-Matoury – 2015 à 2017 (3 ans).....	41
Figure 17 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique	43
Figure 18 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie (période du 01/01/2015 au 31/12/2017)	44

Figure 19 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2015 au 31/12/2017)	44
Figure 20 : stations de mesures fixes du réseau de surveillance de l'ORA (Source : ORA)	48
Figure 21 : localisation des points de mesure	50
Figure 22 : répartition des concentrations des différents polluants mesurés	51
Figure 23 : schéma conceptuel d'exposition autour du pôle environnemental de Wayabo	55
Figure 24 : étapes et critères de l'IEM (guide INERIS août 2013)	56
Figure 25 : localisation des points de mesure (source : rapport Rincant Air)	61
Figure 26 : roses des vents sur la campagne de mesure	62
Figure 27 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)	68
Figure 28 : carte du domaine d'étude	76
Figure 29 : topographie du domaine d'étude (source : OpenTopography Raster System)	77
Figure 30 : roses des vents	78
Figure 31 : localisation des points cibles	81
Figure 32 : carte de concentration en moyenne annuelle en sulfure d'hydrogène	86
Figure 33 : carte de dépôts en poussières (PM10)	89
Figure 34 : contamination des végétaux (EPA, 1998)	97

GLOSSAIRE

AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
MTD	Meilleurs Techniques Disponibles
COV	Composés Organiques Volatils
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
µg	Microgrammes = 10 ⁻⁶ g
CI	Concentration Inhalée
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CO	Monoxyde de carbone
DGS	Direction Générale de la Santé
DV	Déchets verts
ERI	Excès de Risque Individuel
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
FFOM	Fraction fermentescible des ordures ménagères
fg	Femtogrammes = 10 ⁻¹⁵ g
GNR	Gazole Non Routier
HCl	Acide chlorhydrique
HF	Acide fluorhydrique
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
ng	Nanogrammes = 10 ⁻⁹ g
NH3	Ammoniac
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	Oxydes d'azote assimilés au NO ₂
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PM _{2.5}	Poussières de diamètre inférieur à 2.5 µm
PM10	Poussières de diamètre inférieur à 10 µm
QD	Quotient de Danger
RIVM	Rijksinstituut Voor Volksgezondheid (Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas)
SO2	Dioxyde de soufre
US-EPA	United State Environment Protection Agency
VLE	Valeur Limite à l'Emission
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

1. CADRE DE L'ETUDE

Dans le cadre d'une Demande d'Autorisation d'Exploiter du projet de pôle environnemental de Wayabo près de Kourou (Guyane), l'analyse des effets du projet sur la santé des populations riveraines doit être réalisée.

L'évaluation est menée en application de la circulaire DGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013. La démarche intégrée se déroule en quatre étapes :

1. Evaluation des émissions des installations : caractérisation des émissions et conformité au regard des prescriptions réglementaires et aux meilleures techniques disponibles ;
2. Evaluation des enjeux et des voies d'exposition : schéma conceptuel décrivant les relations entre les sources de polluants, les milieux et vecteurs de transfert, les usages et les populations exposées ;
3. Evaluation de l'état des milieux : état actuel des milieux potentiellement impactés et dégradation attribuable à l'installation ;
4. Evaluation prospective des risques sanitaires : estimation des risques attribuables aux émissions pour les populations autour de l'installation.

Le présent rapport a été établi sur la base des informations transmises à ARIA Technologies, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives de la réglementation, en vigueur au moment de la réalisation du dossier (version 1).

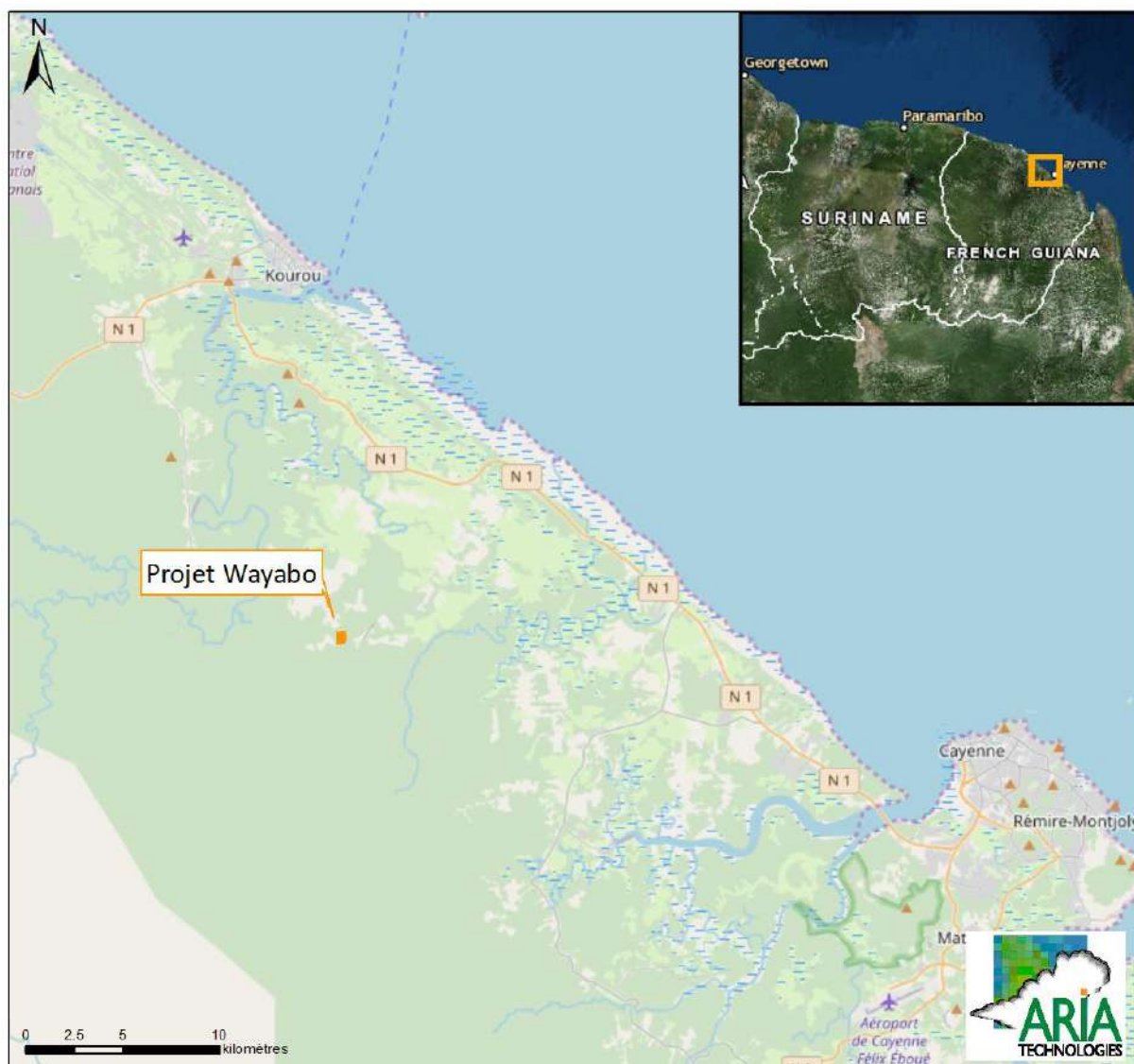
La responsabilité d'ARIA Technologies ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été fournies sont incomplètes ou erronées.

2. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet de pôle environnemental de Wayabo se situe sur la commune de Kourou dans le secteur agricole de Wayabo. Le territoire est partiellement cultivé et abondamment planté.

Le site couvrira une surface totale d'environ 35,7 ha comprenant la zone de stockage de déchets non dangereux (19,4 ha), la zone de stockage d'amiante liée (0,84 ha) ainsi que les aménagements connexes (accueil, voiries, bassins, zones de traitement des effluents, zone de stockage des matériaux, etc...).

Figure 1 : localisation du projet de pôle environnemental de Wayabo



3. INVENTAIRE DES EMISSIONS

3.1 REJETS DANS L'AIR

3.1.1 Recensement des sources d'émission et des substances émises

L'ASTEE a rédigé un document méthodologique pour évaluer les risques sanitaires des installations de stockage de déchets¹.

Ce document mentionne un grand nombre de composés pouvant être émis par les sites de stockage de déchets. A partir de cette liste, les groupes de travail de l'ASTEE ont sélectionné les substances permettant de procéder à une étude des risques sanitaires suivant les critères suivants :

- quantification possible de la substance dans le milieu concerné,
- existence d'un potentiel d'exposition de la population,
- substance associée à un risque chronique avec existence d'une VTR,
- accumulation possible de la substance dans l'environnement,
- respect des principes de spécificité et de proportionnalité,
- données bibliographiques françaises existantes,
- couverture de l'ensemble du risque, cancérigène et non cancérigène, pour un compartiment donné par l'ensemble des substances retenues,
- niveau de concentration a priori non négligeable.

Pour le compartiment « Air », le groupe de travail de l'ASTEE recense deux types de sources à considérer :

- les sources canalisées : torchères, chaudières, moteurs et turbines ;
- les sources diffuses : fuite de couverture et de réseau du biogaz, manutention des déchets, travaux d'aménagements, gaz d'échappement produits lors des déplacements, et traitement des lixiviats.

Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)

Dans le cas des sites de stockage de déchets, les substances retenues par le groupe de travail de l'ASTEE sont les suivantes :

- sulfure d'hydrogène (H₂S) ;
- benzène ;
- 1,2 dichloroéthane.

De plus, le groupe de travail de l'ASTEE précise que l'évaluateur pourra faire porter l'évaluation des risques sur des substances complémentaires. Notamment, dans la mesure où d'autres sources potentielles que le biogaz peuvent exister, il devra intégrer dans l'étude toute autre substance qui apparaîtrait comme produite en quantités significatives dans les émissions diffuses et/ou canalisées.

¹ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005

Ainsi, pour tous les véhicules et engins circulant sur le site, les substances à prendre en compte dans l'évaluation des Risques Sanitaires (ERS) selon l'ASTEE sont a minima les NOx, les HAPs et les particules, en complément du benzène déjà retenu précédemment. Concernant les HAPs, nous retiendrons le benzo(a)pyrène, substance la plus toxique des HAPs. Les particules seront assimilées à des PM₁₀, représentatives de l'activité du site.

Installation de Stockage de déchets contenant de l'amiante liée

Cette installation de stockage bien spécifique, et totalement séparée physiquement de l'ISDND des Déchets Ménagers et Assimilés, est destinée à recevoir uniquement des mono-déchets, à savoir des déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante.

Sachant que ce type de déchet n'est pas évolutif dans le temps car inerte (déchets minéraux confinés dans des big-bags spécifiques), il n'y a pas de production de biogaz.

De plus, le déchargement, l'entreposage éventuel et le stockage des déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante sont organisés de manière à prévenir tout risque d'envol de poussière. En effet, Ce déchets de matériaux de construction contenant de l'amiante sont conditionnés en palette, en racks ou en grands récipients pour vrac souples (big-bags), et sont déchargés avec précaution à l'aide de moyens adaptés. Ces déchets sont ainsi stockés dans le casier avec leur conditionnement.

Il n'y a donc pas d'émission dans l'air pour cette installation.

Traitement et valorisation du biogaz

Le réseau de biogaz aboutira à une installation de cogénération composée de deux moteurs de cogénération de puissance 1,1 MW chacun. Le traitement du biogaz en amont des moteurs est nécessaire pour assurer la conformité des émissions à l'échappement. Les substances émises en sortie des moteurs respecteront des valeurs garanties par le constructeur pour le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NOx), le dioxyde de soufre (SO₂), les poussières, le formaldéhyde, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) et les métaux.

Une torchère présente sur site interviendra en secours des moteurs en brûlant le biogaz à une température de 900°C. Les émissions des torchères sont réglementées pour le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de soufre (SO₂). Des émissions d'oxydes d'azote (NOx), d'acide chlorhydrique (HCl) et d'acide fluorhydrique (HF) peuvent également être détectées en sortie de torchère.

Nous retiendrons donc ces substances pour l'inventaire des émissions.

Traitement des lixiviats

La zone technique de gestion des lixiviats sera constituée :

- de lagunes tampon et de prétraitement permettant de gérer les lixiviats,
- d'une unité de traitement des lixiviats par Biomembrat (BMR),
- de lagunes de stockage des effluents traités.

Les lagunes tampon seront équipées d'un système de couverture. Il n'y aura donc pas de rejet à l'atmosphère.

Ce procédé se compose de réacteurs biologiques suivi d'une ultrafiltration et d'une nanofiltration. Il est spécialement adapté pour des eaux fortement chargées où le degré d'épuration doit être important. Associé à un traitement de finition par nanofiltration, il permet notamment de concentrer la pollution non biodégradable dans un volume réduit et la production d'un perméat compatible avec

le rejet au milieu naturel. Les concentrats et boues produits par le système de traitement seront ensuite envoyés dans les casiers. Il n'y aura aucun rejet dans l'atmosphère.

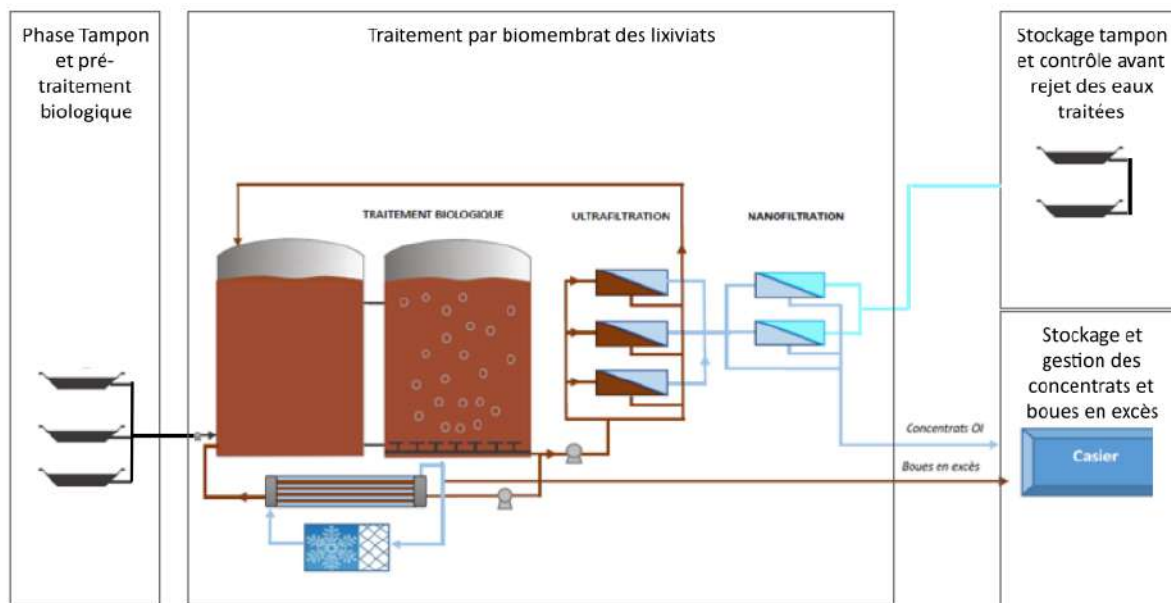


Figure 2 : synoptique global de la filière de traitement des lixiviats

Le Tableau 1 résume les différentes sources d'émissions atmosphériques recensées sur le site, ainsi que les substances émises pour chaque source recensée.

Tableau 1 : sources d'émissions potentielles recensées sur le site

Installation	Source recensée	Type d'émission	Substance retenue pour l'inventaire des émissions
Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)	Zone de stockage en exploitation : - émissions diffuses de biogaz - déversement des déchets - Engins (gaz d'échappement)	Diffuse	H ₂ S, benzène, 1,2 dichloroéthane Poussières NO _x , HAPs, poussières, benzène
	Fuite de biogaz au niveau de la zone de stockage réaménagée	Diffuse	Sulfure d'hydrogène, benzène, 1,2 dichloroéthane
Installation de Stockage de Déchets contenant de l'amiante liée	Déchet inerte → Pas de biogaz Stockage avec leur conditionnement → pas d'émission de poussières	-	Pas de rejet dans l'air
Traitement et valorisation du biogaz	Moteurs de cogénération	Canalisée	CO, NO _x , SO ₂ , poussières, formaldéhyde, HAPs, métaux
	Torchère	Canalisée	CO, NO _x , SO ₂ , HCl, HF
Traitement de lixiviats	Unité de traitement des lixiviats par biomembrat	-	Pas de rejet dans l'air
Circulation sur le site	Circulation des camions (gaz d'échappement et soulèvement de poussières)	Diffuse	NO _x , HAPs, poussières, benzène
	Poste de distribution de carburant	Diffuse	COV (benzène)

Compte-tenu de ces différentes informations, les substances émises par les installations présentes sur le site sont synthétisées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : composés émis par les installations du site

Nom	N°CAS	Formule chimique	
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	H ₂ S	
Benzène	71-43-2	C ₆ H ₆	
1,2 dichloroéthane	107-06-2	C ₂ H ₄ Cl ₂	
Poussières	-	-	
Oxydes d'azote (NO _x éq NO ₂)	10102-44-0	NO ₂	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques représenté par le benzo(a)pyrène	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂	
Dioxyde de soufre	7446-09-5	SO ₂	
Monoxyde de carbone	630-08-0	CO	
Acide chlorhydrique	7647-01-0	HCl	
Acide fluorhydrique	7664-39-3	HF	
Formaldéhyde	50-00-0	CH ₂ O	
Métaux :			
	Mercure	7439-97-6	Hg
	Arsenic	7440-38-2	As
	Cadmium	7440-43-9	Cd
	Cobalt	7440-84-4	Co
	Chrome	7440-47-3	Cr
	Cuivre	7440-50-8	Cu
	Manganèse	7439-96-5	Mn
	Nickel	7440-02-0	Ni
	Plomb	7439-92-1	Pb
	Antimoine	7440-36-0	Sb
	Sélénium	7782-49-2	Se
	Etain	7440-31-5	Sn
	Tellure	13494-80-9	Te
	Thallium	7440-28-0	Tl
	Vanadium	7440-62-2	V
	Zinc	7440-66-6	Zn

3.1.2 Quantification des émissions

3.1.2.1 Emissions diffuses de biogaz au niveau des zones de stockage

Les émissions de gaz au niveau de la zone de stockage (zone réaménagée et zone en exploitation) correspondent aux émissions diffuses à travers la couverture.

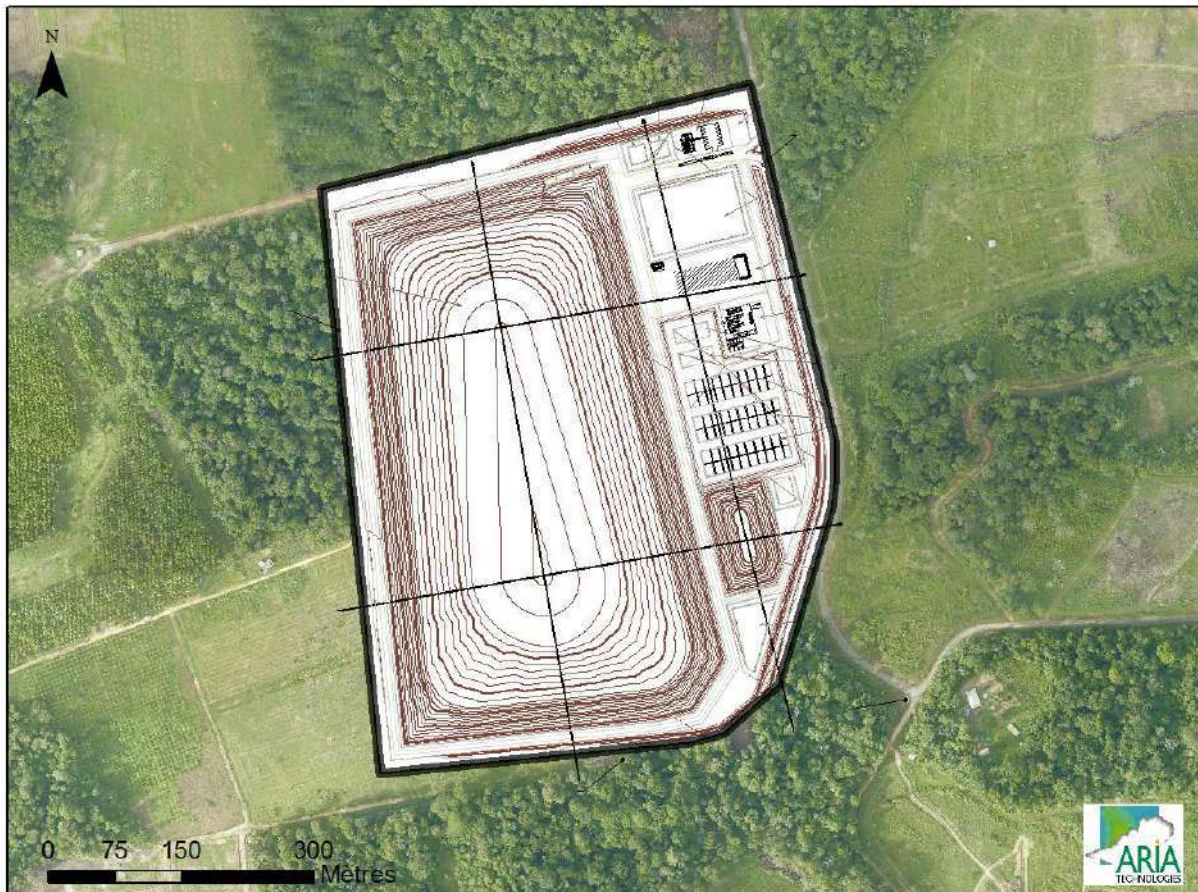


Figure 3 : localisation de la zone de stockage du pôle environnemental de Wayabo

Selon le guide de l'ASTEE relatif aux installations de stockage de déchets², le flux massique diffus horaire de chaque substance dans le biogaz est exprimé selon le code de calcul suivant :

$$\text{Équation 1 : } FMD_x = PB \times TF \times C_x$$

Avec : FMD_x : flux massique horaire diffus du polluants x (mg/h)
PB : production moyenne de biogaz (m^3/h)
TF : taux de fuite de biogaz dans l'installation (%)
 C_x : concentration moyenne du polluant x dans le biogaz (mg/m^3)

² ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005

Le scénario majorant suivant a été retenu dans cette étude :

- Durant les 23 années d'exploitation, on considère :
 - un casier ouvert en cours d'exploitation de 7000 m². Cette zone est fixée en hypothèse majorante dans la zone la plus proche des habitations (dans la réalité, cette zone se déplacera au cours du temps suivant le phasage d'exploitation du site, les premiers casiers remplis étant dans une zone plus éloignée des premières habitations) ;
 - Une zone provisoire en couverture intermédiaire d'une surface moyenne de 9000 m² ;
 - Le reste de la zone de stockage est considérée en couverture définitive.
- Durant les 30 années de post-exploitation, l'ensemble de la zone de stockage est considéré en couverture définitive.

La production moyenne de biogaz est déduite des estimations de pronostic biogaz réalisé par PRODEVAL³ à partir du modèle FOD (First Order Decay) :

- En moyenne sur la période d'exploitation du site (23 ans), le site produira 1108 m³/h de biogaz à 50% de CH₄ (soit 9 706 080 m³/an) ;
- En période de post-exploitation (pendant 30 ans), le site produira 594 m³/h de biogaz à 50% de CH₄ (soit 5 203 440 m³/an).

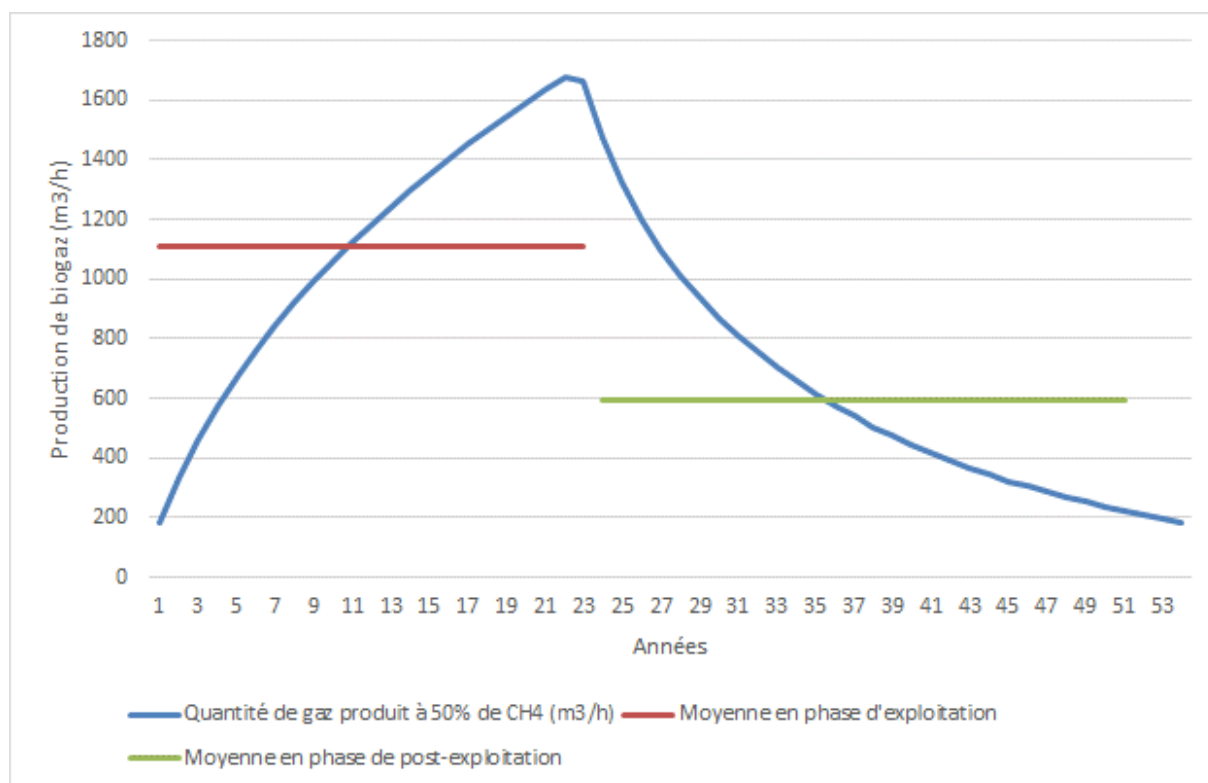


Figure 4 : production de biogaz pour le pôle environnemental de Wayabo à Kourou (source : PRODEVAL)

³ « Pronostic biogaz - Site de WAYABO », PRODEVAL, rapport n°AF001544-NC-10-RC du 06/06/2018

Le taux de captage dépend du type de couverture. Les valeurs retenues dans cette étude et présentées dans le Tableau 3 correspondent aux taux de récupération proposés par le groupe de travail mis en place par l'ADEME en 2002, et repris dans le rapport de l'INERIS relatif aux seuils de captage des décharges⁴.

Le Tableau 3 résume les données retenues pour le calcul des émissions liées aux émissions diffuses de biogaz au niveau de la zone de stockage.

Tableau 3 : caractéristiques de la zone de stockage

Stockage déchets	Unités	Exploitation du site : pendant 23 ans			Post-exploitation : pendant 30 ans
		Casier en exploitation	Zone provisoire	Zone réaménagée	Zone réaménagée
Superficie de la source	m ²	7 000	9 000	189 300	195 000
Production moyenne de biogaz	Nm ³ /an	330 943	425 498	8 949 639	5 203 440
Type de couverture	-	Zone en exploitation	Couverture provisoire (semi-perméable)	Couverture définitive (géomembrane)	Couverture définitive (géomembrane)
Taux de récupération	%	35%	65%	90%	90%
Taux de fuite	%	65%	35%	10%	10%

Le guide de l'ASTEE présente une synthèse des données disponibles de concentrations dans le biogaz issues des sources suivantes :

- [1] US-EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I : Stationary Point and Area Sources, chapter 2 : Solid Waste Disposal ;
- [2] RSD, Etude des polluants atmosphériques émis par deux centres de stockage des ordures ménagères, M. Hours et al, novembre 2000. Il s'agit des moyennes des résultats sur les sites 1 et 2.
- [4] INERIS, Caractérisation des biogaz – Bibliographie – Mesures sur site, J. Poulleau, DRC/AIRE, octobre 2002. Ce document compare des résultats de mesures de concentrations dans le biogaz mesurées sur site en France avec des données trouvées dans les publications internationales.

Le Tableau 4 présente les concentrations dans le biogaz issues de la bibliographie citée ci-dessus ainsi que la valeur retenue pour la quantification des émissions. Les concentrations à l'émission retenues correspondent à la valeur maximale des articles référencés par le guide ASTEE.

Tableau 4 : concentrations dans le biogaz

	CONCENTRATIONS A L'EMISSION (mg/Nm ³)		
	Données bibliographiques guide ASTEE – valeur maximale	Valeur retenue	
		Valeur (mg/Nm ³)	Source
Sulfure d'hydrogène	99,97	99,97	Max guide ASTEE
Benzène	31,08	31,08	Max guide ASTEE
1,2 dichloroéthane	8,19	8,19	Max guide ASTEE

Le Tableau 5 présente les flux d'émission pris en compte dans cette étude calculés à partir des concentrations retenues et du débit de biogaz, et pondérés sur la durée totale d'exposition prise égale à 53 ans (23 ans d'exploitation + 30 ans de post-exploitation).

⁴ INERIS, « Evaluation des risques liés aux émissions gazeuses des décharges : propositions de seuils de captage », rapport d'étude N°46533R01c, 19/12/2005

Tableau 5 : flux de polluants au niveau de la zone de stockage (émissions diffuses de biogaz)

Flux d'émission (tonnes/an)	Exploitation du site : pendant 23 ans				Post-exploitation : pendant 30 ans	TOTAL pondéré sur 53 ans
	Casier en exploitation	Zone provisoire	Zone réaménagée	Total	Zone réaménagée	
H ₂ S	2.15E-02	1.49E-02	8.95E-02	1.26E-01	5.20E-02	8.41E-02
Benzène	6.69E-03	4.63E-03	2.78E-02	3.91E-02	1.62E-02	2.61E-02
1,2 dichloroéthane	1.76E-03	1.22E-03	7.33E-03	1.03E-02	4.26E-03	6.89E-03

3.1.2.2 Déversement des déchets

Les opérations de déversement de déchets au niveau la zone en exploitation génèrent des émissions atmosphériques de poussières.

Selon le guide de l'ASTEE relatif aux installations de stockage de déchets⁵, les opérations de déversement d'ordures ménagères « fraîches » produisent des émissions de poussières totales comprises entre 0,0006 % à 0,01 % du poids d'ordures déversées.

La quantité maximale annuelle de déchets stockés sur le site sera de 143 000 tonnes/an de déchets non dangereux hors amiante et de 3000 tonnes/an d'amiante liée.

Le flux de poussières totales lié au déversement des déchets est calculé en retenant la valeur haute de la fourchette donnée par le guide de l'ASTEE.

L'activité de stockage de l'amiante n'est pas prise en considération en raison du conditionnement préalable des déchets par le producteur. Les opérations de manutention et de stockage visent à conserver l'intégrité de l'emballage.

Tableau 6 : flux de poussières générés par le déversement des déchets

	Unité	Zone de stockage de déchets non dangereux	Zone de stockage d'amiante liée
Quantité maximale annuelle de déchets déposés	tonnes/an	143 000	3 000
Flux de poussières générés	tonnes/an	14,3	0

⁵ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005

3.1.2.3 Installations de valorisation du biogaz

Deux moteurs de cogénération seront présents sur le site afin de valoriser le biogaz en énergie électrique. On suppose que les deux moteurs fonctionneront 90% du temps. Les caractéristiques des rejets en sortie des moteurs sont présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : caractéristiques des rejets des moteurs

	Unité	Moteur 1 (1,1 MW)	Moteur 2 (1,1 MW)
Hauteur de cheminée par rapport au sol	m	15	15
Diamètre de cheminée	m	0.5	0.5
Débit du biogaz en entrée des moteurs	Nm ³ /h	700	700
Débit des gaz en sortie des moteurs ⁽⁶⁾	Nm ³ /h	3752	3752
Température des gaz en sortie de cheminée	°C	90	90
Vitesse des gaz en sortie de cheminée	m/s	7,1	7,1
Nombre d'heures de fonctionnement par an	-	7884 (90% du temps)	7884 (90% du temps)

Le Tableau 8 présente les concentrations à l'émission retenues pour l'étude, elles correspondent aux Valeurs Limites à l'Emission (VLE) données par l'arrêté ministériel du 24 septembre 2013 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de combustion soumises à enregistrement au titre de la rubrique 2910-B, en comparaisons avec les Valeurs Limites garanties par le constructeur.

Les hypothèses suivantes ont été appliquées pour les métaux, dans le cas de groupement de métaux :

- La somme « arsenic + sélénium + tellure » a été assimilée entièrement à de l'arsenic ;
- Parmi les métaux du groupement « Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn », d'après les données bibliographiques du guide de l'ASTEE, seuls le nickel, le chrome, le manganèse et le zinc ont été détectés dans le biogaz. Selon l'ASTEE, le nickel représente 0,5 % de ce groupe de métaux dans le biogaz, le chrome 2,3%, le manganèse 0,1% et le zinc 96,9%. Nous appliquons ces pourcentages à la valeur limite garantie du groupement de métaux.

Tableau 8 : concentrations de polluants en sortie de cheminée des moteurs

	Concentration à l'émission (mg/Nm ³)			
	Valeur Limite Garantie par le constructeur (VLG)*	Valeurs Limite à l'Emission (VLE)	Valeur retenue	
			Valeur (mg/Nm ³)	Source
CO	1200	450	450	Valeur Limite à l'Emission
NOx	267	100	100	Valeur Limite à l'Emission
SO2	27	40	40	Valeur Limite à l'Emission
Poussières	27	4	4	Valeur Limite à l'Emission
Formaldéhyde	150	15	15	Valeur Limite à l'Emission
HAPs	0.27	0.1	0.1	Valeur Limite à l'Emission
Cadmium	0.133	0.05	0.05	Valeur Limite à l'Emission
Mercure	0.133	0.05	0.05	Valeur Limite à l'Emission
Thallium	0.133	0.05	0.05	Valeur Limite à l'Emission
Arsenic + Sélénium + Tellure	2.67	1	1	Valeur Limite à l'Emission

⁶ Débit gaz sortie = Débit biogaz entrée x 5.36 pour tenir compte de l'équation stochiométrique de la réaction de combustion (cf. guide ASTEE)

	Concentration à l'émission (mg/Nm ³)			
	Valeur Limite Garantie par le constructeur (VLG)*	Valeurs Limite à l'Emission (VLE)	Valeur retenue	
			Valeur (mg/Nm ³)	Source
Arsenic	2.67	1	1	100% de la VLE
Plomb	2.67	1	1	Valeur Limite à l'Emission
Antimoine + Chrome + Cobalt + Cuivre + Etain + Manganèse + Nickel + Vanadium + Zinc	53	20	20	Valeur Limite à l'Emission
Chrome	1.22	0.46	0.46	2,3% de la VLE
Manganèse	0.05	0.02	0.02	0,1% de la VLE
Nickel	0.27	0.10	0.10	0,5% de la VLE
Zinc	51.36	19.38	19.38	96,9% de la VLE

*Valeur limite garantie sous réserve du respect de l'Instruction Technique 1000-0300 : Qualité du gaz combustible ainsi qu'une concentration maximale des métaux dans le biogaz ne dépassant pas les valeurs limites ci-dessus.

Le Tableau 9 présente les flux d'émissions des moteurs calculés à partir des concentrations retenues et des débits des gaz en sortie de moteurs.

Tableau 9 : flux de polluants en sortie de cheminée des moteurs

Flux de polluant (Tonnes/an)	Moteur 1 (1,1 MW)	Moteur 2 (1,1 MW)
CO	1.33E+01	1.33E+01
NOx	2.96E+00	2.96E+00
SO2	1.18E+00	1.18E+00
Poussières	1.18E-01	1.18E-01
Formaldéhyde	4.44E-01	4.44E-01
HAPs	2.96E-03	2.96E-03
Cadmium	1.48E-03	1.48E-03
Mercuré	1.48E-03	1.48E-03
Thallium	1.48E-03	1.48E-03
Arsenic + Sélénium + Tellure	2.96E-02	2.96E-02
Arsenic	2.96E-02	2.96E-02
Plomb	2.96E-02	2.96E-02
Antimoine + Chrome + Cobalt + Cuivre + Etain + Manganèse + Nickel + Vanadium + Zinc	5.92E-01	5.92E-01
Chrome	1.36E-02	1.36E-02
Manganèse	5.92E-04	5.92E-04
Nickel	2.96E-03	2.96E-03
Zinc	5.73E-01	5.73E-01

3.1.2.4 Torchère

Une torchère sera également présente sur le site. Elle sera utilisée pour brûler le reliquat de biogaz en complément des deux moteurs lorsqu'ils ne traitent pas l'intégralité du volume de biogaz produit ou en cas d'arrêt des moteurs. Les caractéristiques de la torchère sont présentées dans le Tableau 10. Il a été fait l'hypothèse que la torchère fonctionnera 10% du temps.

Tableau 10 : caractéristiques de la torchère

	Unités	Torchère
Hauteur par rapport au sol	m	10
Diamètre de la cheminée	m	2
Température des rejets	°C	900
Débit du biogaz en entrée de torchère	Nm ³ /h	1800
Débit des gaz en sortie de cheminée ⁽⁷⁾	Nm ³ /h	9648
Vitesse d'éjection	m/s	3,7
Heures de fonctionnement	h/an	876 (10% du temps)

Les concentrations à l'émission présentées dans le Tableau 11 et retenues pour l'étude correspondent :

- aux Valeurs Limites à l'Emission fixées pour les torchères par l'arrêté ministériel du 15 février 2016 ;
- aux mesures à l'émission réalisées en 2017 sur une torchère équivalente en Guadeloupe ;
- aux valeurs en sortie de torchère données par le guide de l'ASTEE. Les concentrations à l'émission retenues pour cette étude correspondent à la valeur maximale des articles référencées par l'ASTEE.

Tableau 11 : concentration en sortie de torchère

	Concentration à l'émission (mg/Nm ³)				
	Données biblio. guide ASTEE en sortie de torchère (max)	Mesures à l'émission*	Valeurs Limite à l'Emission	Valeur retenue	
				Valeur (mg/Nm ³)	Source
Oxydes d'azote	0,32	56	-	56	Mesures à l'émission*
Monoxyde de carbone	583,5	0	150	150	VLE AM 15/02/2016
Acide chlorhydrique	5,7	2.8	-	5,7	Max guide ASTEE
Acide fluorhydrique	1,3	0.1	-	1,3	Max guide ASTEE
Dioxyde de soufre	17	2.1	300**	300	VLE AM 15/02/2016

* mesures réalisées en sortie d'une torchère équivalente

** si flux >25kg/h

Le Tableau 12 présente les flux d'émissions de la torchère calculés à partir des concentrations à l'émission et du débit des gaz en sortie de torchère.

⁷ Débit gaz sortie = Débit biogaz entrée x 5.36 pour tenir compte de l'équation stochiométrique de la réaction de combustion (cf. guide ASTEE)

Tableau 12 : flux de polluants en sortie de torchère

Flux en tonnes/an	Torchère
Oxydes d'azote	4.73E-01
Monoxyde de carbone	1.27E+00
Acide chlorhydrique	4.82E-02
Acide fluorhydrique	1.10E-02
Dioxyde de soufre	2.54E+00

3.1.2.5 Circulation sur le site

3.1.2.5.1 Emissions liées aux gaz d'échappement

Les camions (qui apportent les déchets sur le site et ceux transportant les lixiviats hors du site) ainsi que les véhicules du personnel circulant sur le site sont également des sources d'émissions du fait de leurs gaz d'échappement.

Le calcul des émissions liées aux gaz d'échappement des camions et des véhicules circulant sur le site s'appuie sur les facteurs d'émission qui sont issus de la méthode COPERT IV. Cette méthode est élaborée par l'Agence Européenne de l'Environnement. Elle est fondée sur un consensus d'experts européens régulièrement révisé et actualisé en fonction de l'évolution des normes communautaires concernant les carburants et les limites d'émission des véhicules en Europe.

Le modèle de calcul des émissions de polluants utilisé dans cette étude est le logiciel TREFIC 4.5.2 (TRaffic Emission Factors Improved Calculation), développé par la société italienne ARIANET, filiale d'ARIA Technologies, qui s'appuie sur la méthodologie européenne COPERT IV.

Le trafic sera assuré de la manière suivante :

- ISDND destiné aux Déchets Ménagers et Assimilés et Déchets Industriels Banals :
 - 30 % par camion de 25 tonnes de charges utiles ;
 - 70 % par camion de 13 tonnes de charges utiles ;
- ISDND destiné aux déchets de construction contenant de l'amiante liée :
 - 100 % par camion de 13 tonnes de charges utiles.

Le trafic total engendré par la plateforme environnementale sera de :

- 33 PL par jour, soit 10 251 passages de PL par an, répartis de la manière suivante :
 - Déchets Ménagers et Assimilés : 30 PL/jour,
 - Déchets de construction contenant de l'amiante liée : 1 à 2 PL/jour,
 - Véhicules à faible fréquence de passage : 1 PL/jour.
- 12 VL par jour, soit 3 720 passages VL par an, répartis de la manière suivante :
 - VL engendré par le personnel : 10 VL/jour,
 - Véhicules à faible fréquence de passage : 2 VL/jour.

Les véhicules légers ne seront pas considérés car le parking se situe à proximité immédiate de l'entrée du site. De plus, les déplacements sur le site sont négligeables devant la circulation des camions.

La plateforme environnementale n'étant fermé que les dimanches et les jours fériés, elle fonctionnera 310 jours par an.

La vitesse moyenne de circulation sur le site est de 20 km/h.

Le Tableau 13 présente les données utilisées pour le calcul des émissions et le Tableau 14 présente les émissions totales calculées.

Tableau 13 : données pour le calcul des émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site

Type	Charge utile	Poids moyen des camions ⁸	Nombre de véhicules	Distance parcourue (aller-retour)
	tonnes	tonnes	veh/an	mètres
Déchets Ménagers et Assimilés	30 % de 25 t 70 % de 13 t	28	9449	2000
Déchets de construction contenant de l'amiante liée	100 % de 13 t	23	492	1500

Tableau 14 : émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site

Tonnes/an	Camions stockage déchets	Camions stockage amiante	TOTAL
Benzène	1.71E-06	6.34E-08	1.77E-06
Oxydes d'azote	1.02E-01	3.78E-03	1.06E-01
Poussières totales	1.10E-02	4.07E-04	1.14E-02
PM10	2.60E-03	9.66E-05	2.70E-03
Benzo(a)pyrène	1.79E-08	6.64E-10	1.86E-08

3.1.2.5.2 *Emissions liées aux envols de poussières au passage des camions*

Les voies utilisées par les camions sont supposées goudronnées.

Le calcul des émissions de poussières liées à la remise en suspension des poussières présentes sur les voies de circulation se base sur la méthodologie proposée par l'US-EPA. Elle propose un modèle de régression empirique (établi à partir de l'analyse statistique de résultats de mesures disponibles) donnant une masse de poussières émise en fonction de la distance parcourue sur les routes⁹.

Les émissions de poussières sont calculées suivant la formulation :

$$\text{Équation 2 : } E = k \times c^{0,91} \times W^{1,02}$$

Avec : E : quantité de poussières émises par le roulement des véhicules (g/veh/km)

k : coefficient fonction de la taille de granulométrie (g/veh/km)

c : charge en poussières (en g/m²)

W : poids moyen du véhicule (tonne)

⁸ Poids à vide : 10 t pour les 13t de charge utile, 15 t pour les 25t de charge utile

⁹ US-EPA, United States - Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources; 13.2.1: Paved Roads. Final report. Janvier 2011. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html>

La quantité de poussières ainsi calculée est ensuite réajustée en tenant compte des jours de pluie selon la formule suivante :

$$E_{ext} = E \left(1 - \frac{P}{4N} \right)$$

Avec : E_{ext} : quantité de poussières extrapolée en tenant compte des jours de pluie

P : nombre de jours de pluie sur une année pour laquelle la précipitation était au moins supérieure à 0,254 mm

N : nombre de jours sur une année. N = 365 jours

Le coefficient k dépend de la granulométrie des particules. Il est égal à 0,62 g/veh/km pour les PM₁₀.

La charge en poussières c est dépendante du type d'installation industrielle. L'EPA propose des valeurs pour les centres de stockage de déchets ménagers avec une moyenne de 7,4 g/m².

Le nombre de jours de pluie supérieure ou égale à 0,254 mm a été calculé à partir des données météorologiques de la station de Cayenne-Matoury sur la période 01/01/2015 au 31/12/2017 et est présenté dans le Tableau 15. Il est en moyenne de 254 jours par an.

Tableau 15 : nombre de jours de pluie supérieure ou égale à 0,254 mm

Année	Nombre de jours de pluie ≥ 0,254 mm
2015	266
2016	241
2017	255
Moyenne	254

Le Tableau 16 présente les émissions calculées suivant la méthodologie ci-dessus et à partir des données du site.

Tableau 16 : émissions liées aux envols de poussières au passage des camions

Type	Poids moyen	Nombre de PL	Distance parcourue	Facteur d'émission PM10	Emissions de PM10
	tonnes	PL/an	m	g/veh/km	tonnes/an
Déchets Ménagers et Assimilés	28	9449	2000	95.1	1.80
Déchets de construction contenant de l'amiante liée	23	492	1500	77.5	0.06

3.1.2.6 Engins d'exploitation

Plusieurs engins d'exploitation sont utilisés sur le site : ils sont à l'origine d'émissions dans l'air du fait de leur gaz d'échappement. Un compacteur ainsi qu'un chargeur sont utilisés respectivement pour la réalisation du stock de terre, pour remonter les digues de terre et pour les travaux sur le site de chargement/déchargement.

Les facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions liées aux gaz d'échappement des engins utilisés sur le site sont issus des rapports suivants :

- « Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France – 12^{ème} édition - OMINEA », CITEPA, Février 2015 : secteur « industrie manufacturière – sources mobiles » ;
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. European Environment Agency. Technical report No 12/2013 du 29 août 2013 : Non-road mobile sources and machinery.

Les facteurs d'émissions définis pour les substances retenues pour l'inventaire des émissions sont résumés dans le Tableau 17. Ils correspondent aux facteurs donnés pour les engins utilisant du Gazole Non Routier (depuis 2011) et sont exprimés en gramme par GJoule. L'utilisation de tels facteurs d'émission nécessite de connaître la puissance (exprimée en GJ ou kW) de chaque engin utilisé sur le site.

Tableau 17 : facteurs d'émission liés aux engins d'exploitation

Substance	Unité	Facteur d'émission	Source
Benzène	g/GJ	1,64	EMEP 2013 : 2% des COVNM
Oxydes d'azote	g/GJ	491	OMINEA 2015
Poussières	g/GJ	44	OMINEA 2015 : PM10 : 95% des PM totales
Benzo(a)pyrène	mg/GJ	1,10	OMINEA 2015

Le Tableau 18 présente la puissance moyenne de chaque engin présent sur le site ainsi que le nombre d'heures de fonctionnement.

Tableau 18 : caractéristiques des engins sur le site

Matériels/engins	Nombre	Puissance (en kW)	Puissance (en GJ)	Temps de fonctionnement (en heures par mois)
Compacteur	1	350	1.26	1800
Chargeur sur chenille	1	120	0.43	500
Pelle hydraulique	1	120	0.43	500
Manuscopique	1	60	0.22	800
Tracteur agricole	1	60	0.22	600

A partir du Tableau 18, il est ensuite possible de calculer les émissions annuelles de polluants liées au fonctionnement des engins. Elles sont présentées dans le Tableau 19.

Tableau 19 : émissions liées aux engins

	Emissions totales (tonnes/an)
Benzène	4.50E-03
Oxydes d'azote	1.38E+00
Poussières totales	1.17E-01
PM10	1.11E-01
Benzo(a)pyrène	3.30E-06

3.1.2.7 Poste de distribution de carburant

Un poste de distribution de carburant permettant la distribution de Gazole Non Routier aux engins sera présent sur le site. La distribution du carburant entraîne des émissions diffuses de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) dans l'atmosphère.

Les émissions de COVNM relatives au stockage et à la manipulation de produits pétroliers peu volatils (gazole, FOD, FOL) sont estimées au moyen du facteur d'émission de 18 grammes par tonne de carburant utilisé¹⁰.

De plus, la teneur maximale en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques autorisée dans le Gazole Non Routier est de 8%¹¹.

D'autre part, selon la directive n°2009/30/CE du 23 avril 2009, la concentration en benzène dans les essences est au maximum de 1%. Même si dans notre cas il s'agit de GNR et non d'essence, en hypothèse majorante, nous considérerons que le benzène représente 1% des COVNM émis.

Le Tableau 20 présente les données utilisées pour le calcul des émissions ainsi que les émissions calculées.

Tableau 20 : émissions liées à la distribution de carburant

	Unité	Valeur
Débit de carburant de la station	m ³ /an	100
Masse volumique du GNR	kg/m ³	845 ⁽¹¹⁾
Emissions en Composés Organiques Volatils non méthanique	kg/an	1.52
Emissions en HAPs	kg/an	0.12
Emissions en benzène	kg/an	0.015

3.1.3 Bilan des émissions atmosphériques

Le Tableau 21 présente le bilan des émissions dans l'air pour l'ensemble des sources, localisées sur la Figure 5. En ce qui concerne les poussières, lorsque l'information de granulométrie n'est pas connue, il a été fait l'hypothèse majorante que toutes les poussières totales sont assimilées à des PM₁₀.

Les polluants ayant les émissions les plus importantes sont :

- le monoxyde de carbone (moteurs) ;
- les poussières (zone de stockage de déchets) ;
- et les oxydes d'azote (moteurs).

¹⁰ « Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France – 14ème édition - OMINEA », CITEPA, Mai 2017

¹¹ Valeur limite maximale de l'arrêté du 10 décembre 2010 relatives aux caractéristiques du GNR

Figure 5 : localisation des sources atmosphériques

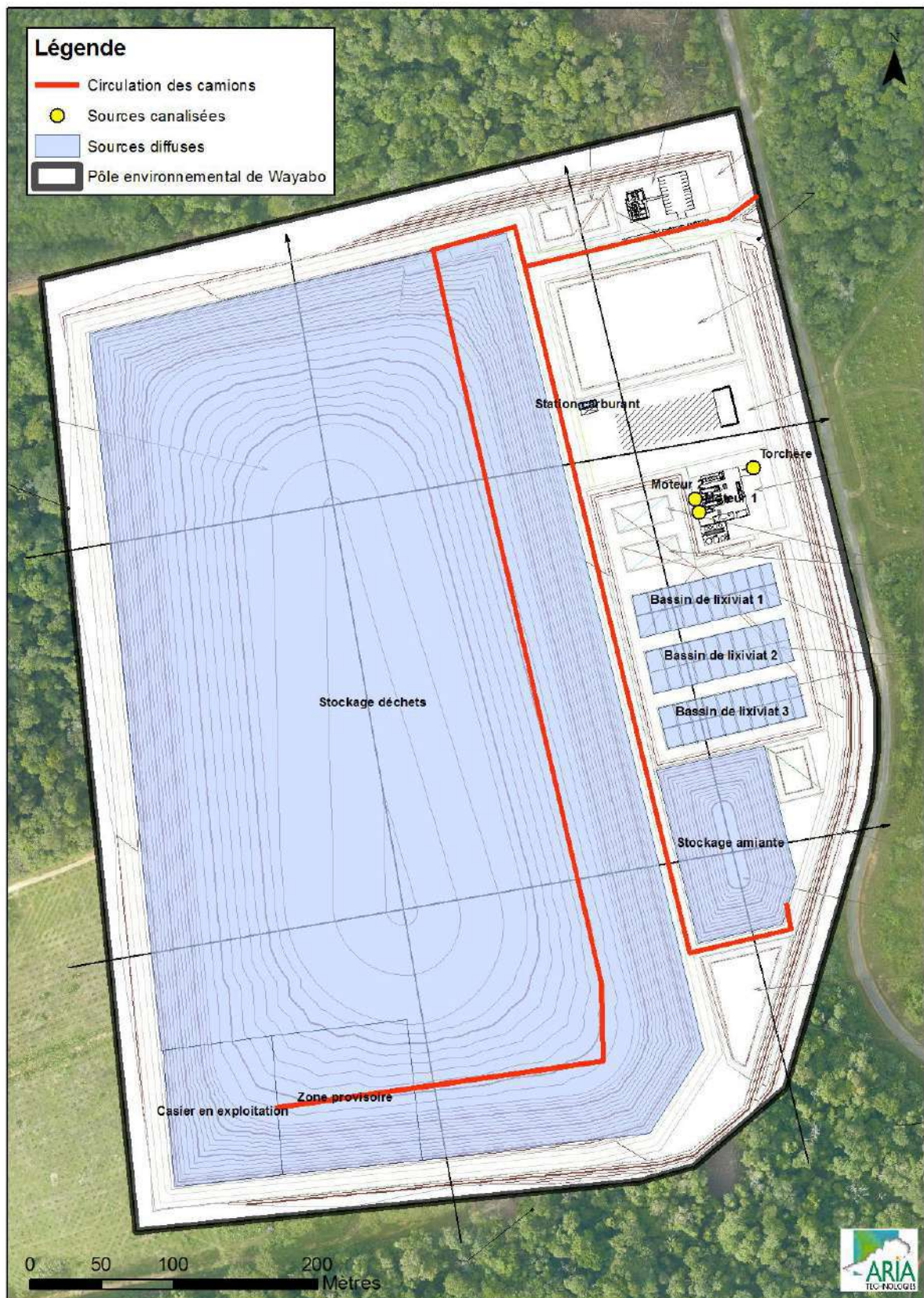


Tableau 21 : bilan des émissions dans l'air (en tonnes/an)

Emissions en t/an	Zones de stockage déchets			Valorisation biogaz			Circulation des véhicules					TOTAL
	Zones de stockage (fuite de biogaz)	Déversement des déchets	SOUS-TOTAL	Moteurs	Torchère	SOUS-TOTAL	Gaz échappement (camions)	Gaz échappement (engins)	envol poussières (camions)	Station carburant	SOUS-TOTAL	
Sulfure d'hydrogène (H2S)	8.4E-02	-	8.4E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4E-02
Benzène	2.6E-02	-	2.6E-02	-	-	-	1.8E-06	4.5E-03	-	1.5E-05	4.5E-03	3.1E-02
1,2 dichloroéthane	6.9E-03	-	6.9E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	6.9E-03
Poussières	-	1.4E+01	1.4E+01	2.4E-01	-	2.4E-01	1.1E-02	1.2E-01	1.85	-	2.0E+00	1.7E+01
Monoxyde de carbone (CO)	-	-	-	2.7E+01	1.3E+00	2.8E+01	-	-	-	-	-	2.8E+01
Dioxyde de soufre (SO2)	-	-	-	2.4E+00	2.5E+00	4.9E+00	-	-	-	-	-	4.9E+00
Oxydes d'azote (NOx)	-	-	-	5.9E+00	4.7E-01	6.4E+00	1.1E-01	1.4E+00	-	-	1.5E+00	7.9E+00
Acide chlorhydrique (HCl)	-	-	-	-	4.8E-02	4.8E-02	-	-	-	-	-	4.8E-02
Acide fluorhydrique (HF)	-	-	-	-	1.1E-02	1.1E-02	-	-	-	-	-	1.1E-02
Formaldéhyde	-	-	-	8.9E-01	-	8.9E-01	-	-	-	-	-	8.9E-01
HAPs assimilés à du BaP	-	-	-	5.9E-03	-	5.9E-03	1.9E-08	3.3E-06	-	1.2E-04	1.3E-04	6.0E-03
Cadmium	-	-	-	3.0E-03	-	3.0E-03	-	-	-	-	-	3.0E-03
Mercurure	-	-	-	3.0E-03	-	3.0E-03	-	-	-	-	-	3.0E-03
Thallium	-	-	-	3.0E-03	-	3.0E-03	-	-	-	-	-	3.0E-03
Arsenic	-	-	-	5.9E-02	-	5.9E-02	-	-	-	-	-	5.9E-02
Plomb	-	-	-	5.9E-02	-	5.9E-02	-	-	-	-	-	5.9E-02
Chrome	-	-	-	2.7E-02	-	2.7E-02	-	-	-	-	-	2.7E-02
Manganèse	-	-	-	1.2E-03	-	1.2E-03	-	-	-	-	-	1.2E-03
Nickel	-	-	-	5.9E-03	-	5.9E-03	-	-	-	-	-	5.9E-03
Zinc	-	-	-	1.1E+00	-	1.1E+00	-	-	-	-	-	1.1E+00

3.2 REJETS DANS L'EAU

Le pôle environnemental de Wayabo comprend différents modes de gestion des eaux selon leur nature :

- **les eaux de ruissellement interne du projet** : les eaux de ruissellement sont constituées des eaux qui ruissellent sur les surfaces propres du site, elles ne sont pas entrées en contact avec les déchets. Les eaux de ruissellement internes sont gérées séparément par deux types de dispositif de collecte (Figure 7) :
 - Les eaux « propres », issues des espaces verts, des casiers réaménagés et des digues. Ces eaux, regroupées sous la dénomination « eaux pluviales » seront dirigées directement vers les bassins d'eaux pluviales (BEP).
 - Les eaux pouvant être « potentiellement polluées », issues des voiries. Ces eaux, regroupées sous la dénomination « eaux de voiries » transiteront par un réseau distinct avant d'être prétraitées par un déboureur-déshuileur. Elles seront par la suite également dirigées vers le bassin d'eaux pluviales (BEP).

Les eaux collectées au niveau des bassins BEP et dont la bonne qualité a été contrôlée, seront ensuite rejetées à débit régulier au milieu naturel.

- **les lixiviats produits sur le site** : les lixiviats sont prétraités par des lagunes tampons, avant traitement par une unité de traitement par biomembrat (BRM) (Figure 6). Ce procédé se compose de réacteurs biologiques suivi d'une ultrafiltration et d'une nanofiltration. Il est spécialement adapté pour des eaux fortement chargées où le degré d'épuration doit être important. Associé à un traitement de finition par nanofiltration, il permet notamment de concentrer la pollution non biodégradable dans un volume réduit et la production d'un perméat compatible avec le rejet au milieu naturel. Les concentrats et boues produits par le système de traitement seront ensuite envoyés dans les casiers. Le traitement des lixiviats donne lieu à un rejet d'effluents liquides au milieu naturel après traitement et analyses.

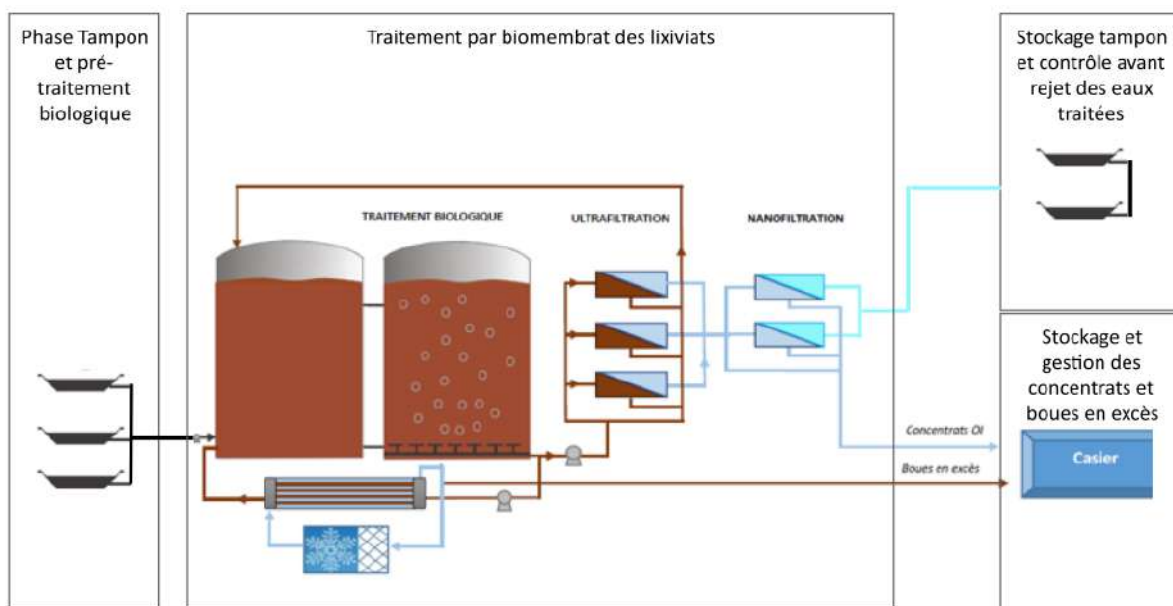


Figure 6 : synoptique global de la filière de traitement des lixiviats

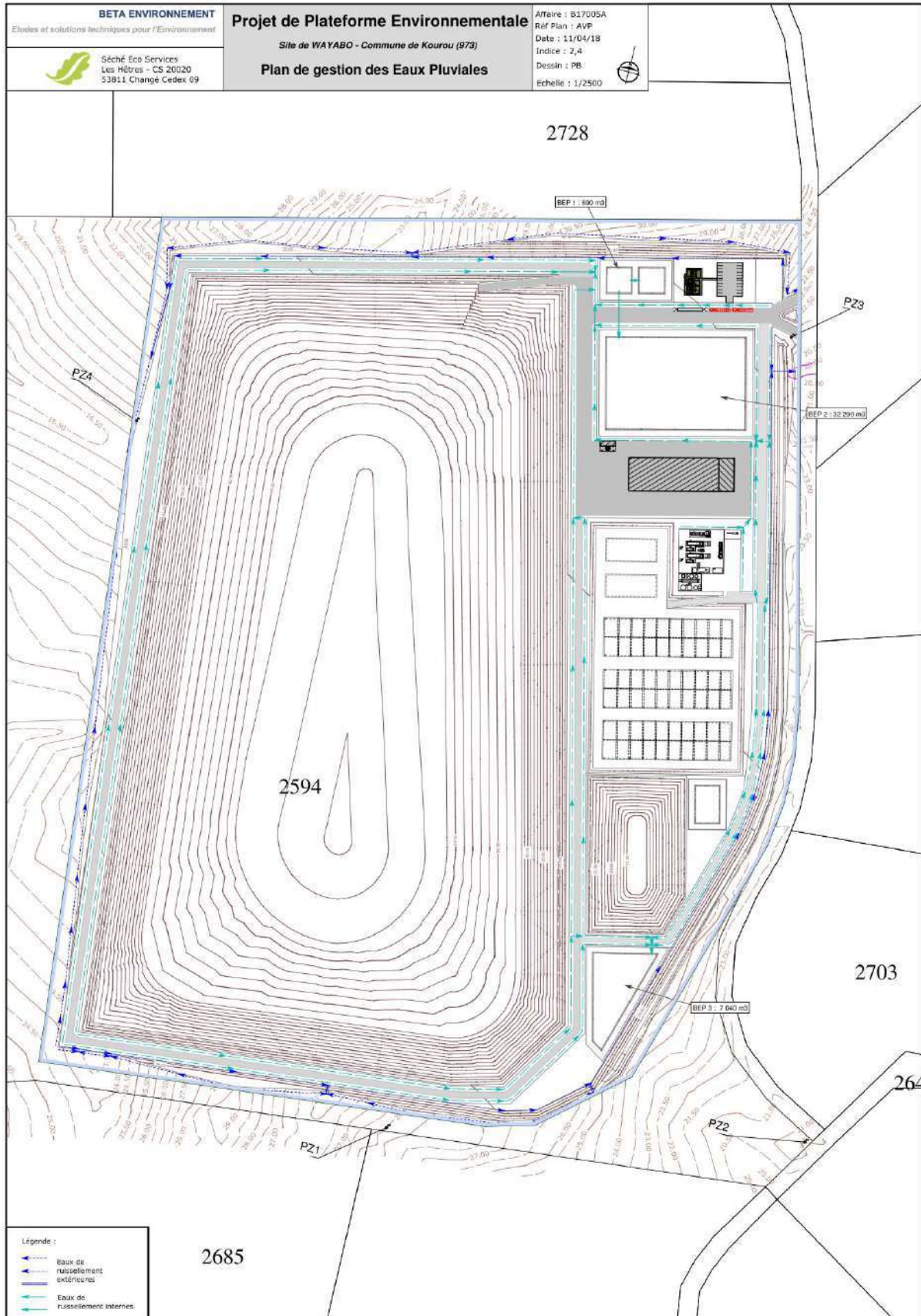


Figure 7 : plan du réseau de gestion des eaux pluviales

Les rejets aqueux du site, eaux pluviales et lixiviats traités, seront canalisé vers un point de rejet unique. Le point de rejet sélectionné est la crique Matiti au niveau de la rue du Pic Saint Loup, nommé point B sur la carte de la Figure 8 extraite du rapport de ACG Environnement.

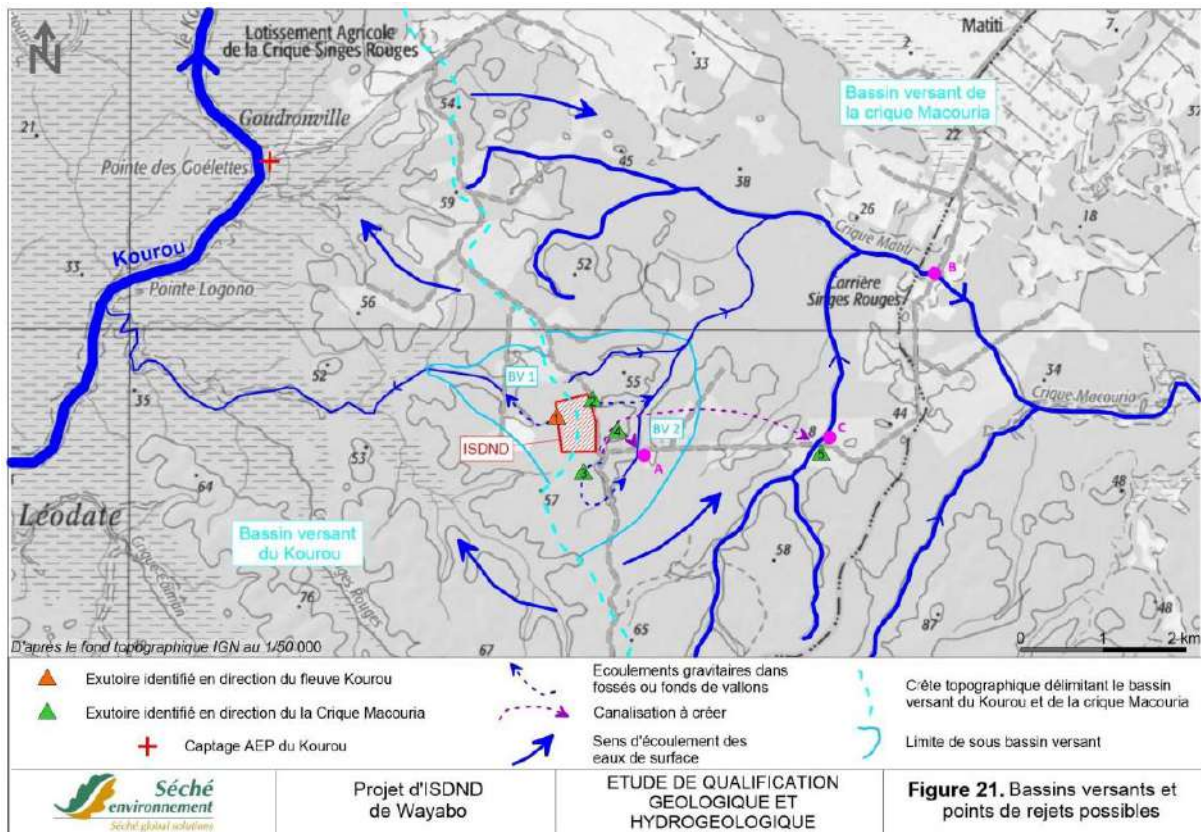


Figure 8 : bassin versant et point de rejet possible (ACG)

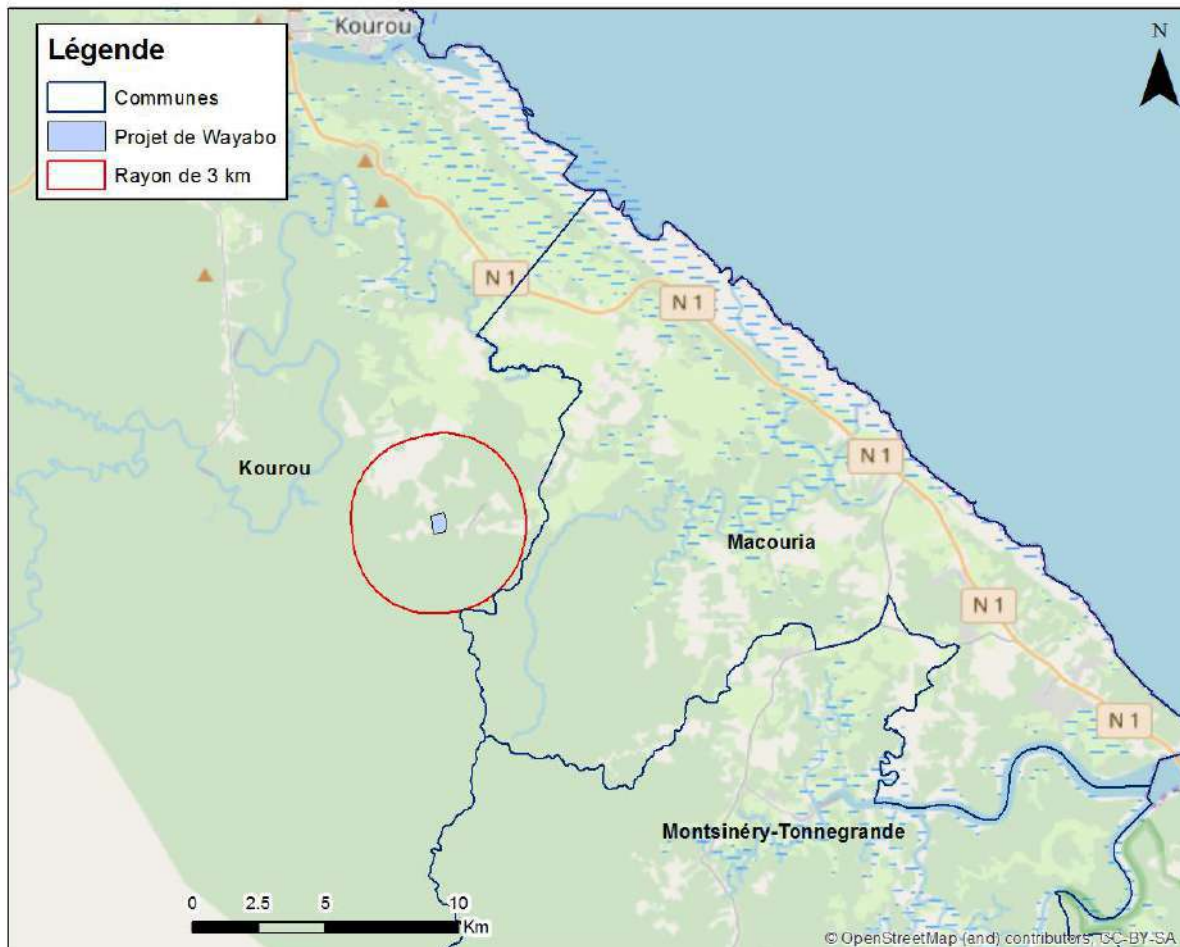
L'ensemble des eaux des Bassins d'Eaux Pluviales interne respectant les seuils de qualité fixés pour le milieu naturel, ces rejets ne seront pas retenus pour la suite de l'étude. De plus, au besoin (en cas de pollution par exemple), le bassin peut être isolé par fermeture de la vanne du système de régulation.

4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION

4.1 POPULATIONS

Seule la commune de Kourou est touchée par le rayon de 3 km autour du site. En limite du rayon se trouve également la commune de Macouria.

Figure 9 : communes présentes sur le domaine d'étude



Le Tableau 22 indique les données de population pour les communes précédemment citées.

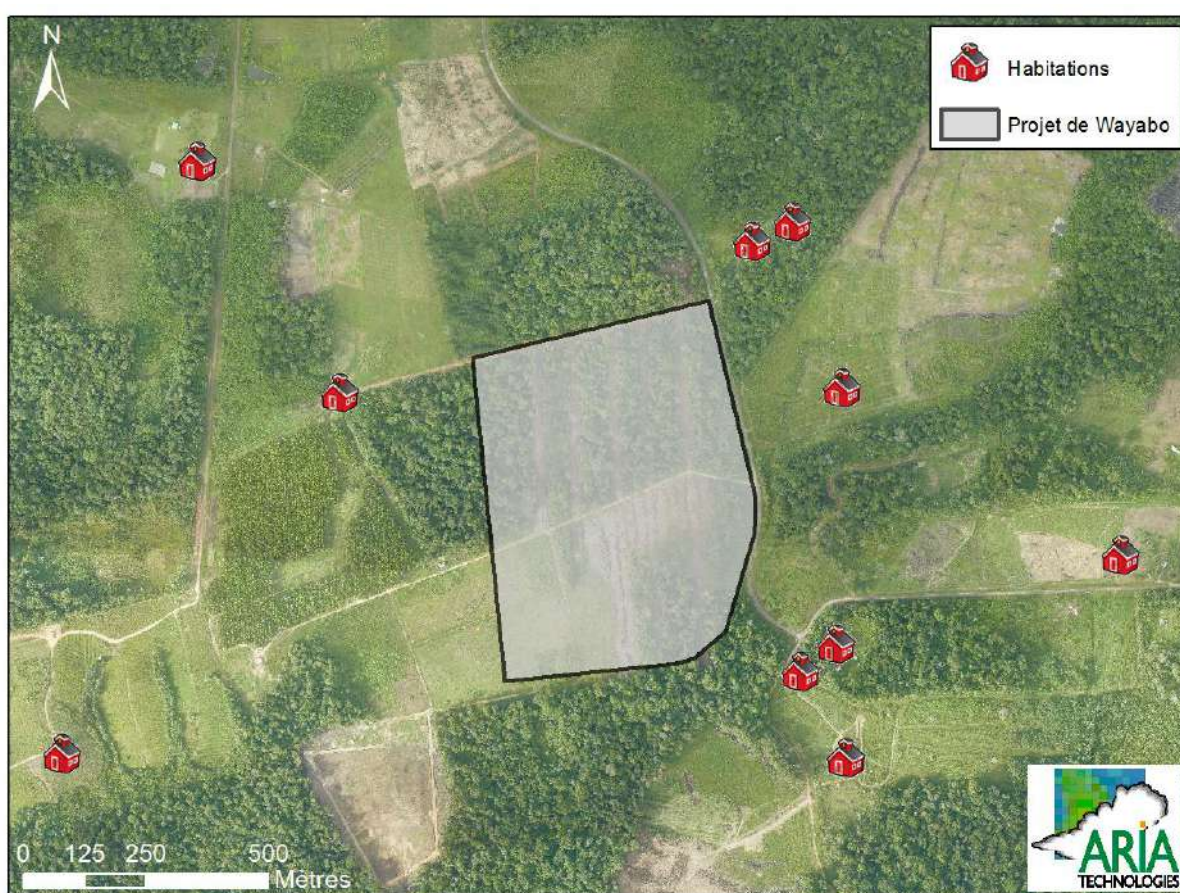
Tableau 22 : données de population (Source : Insee, Recensements de la population, mise à jour mars 2017)

Communes	Population principale 2014	Population principale 2013	Population principale 2013 pour les 0-14 ans	Densité de population en 2014 (hab./km ²)
Kourou*	26 060	25 793	8917	11
Macouria*	11 394	10 721	3388	37

* pour ces communes, le centre-ville n'est pas inclus dans le rayon de 3 km autour du site

L'habitation la plus proche du pôle environnemental se trouve à environ 150 mètres au sud/sud-est des limites du site. Les autres habitations se situent à plus de 200m mètres du site, ce sont des habitations isolées.

Figure 10 : localisation des habitations les plus proches



4.2 POPULATIONS SENSIBLES

Conformément au guide méthodologique INERIS de 2013, sont recensés autour du site :

- les populations sensibles et vulnérables (enfants, personnes âgées, malades) : crèches, établissements scolaires, maisons de retraite, centre de soins ;
- les installations de plein air recevant du public (terrains de sport,...).

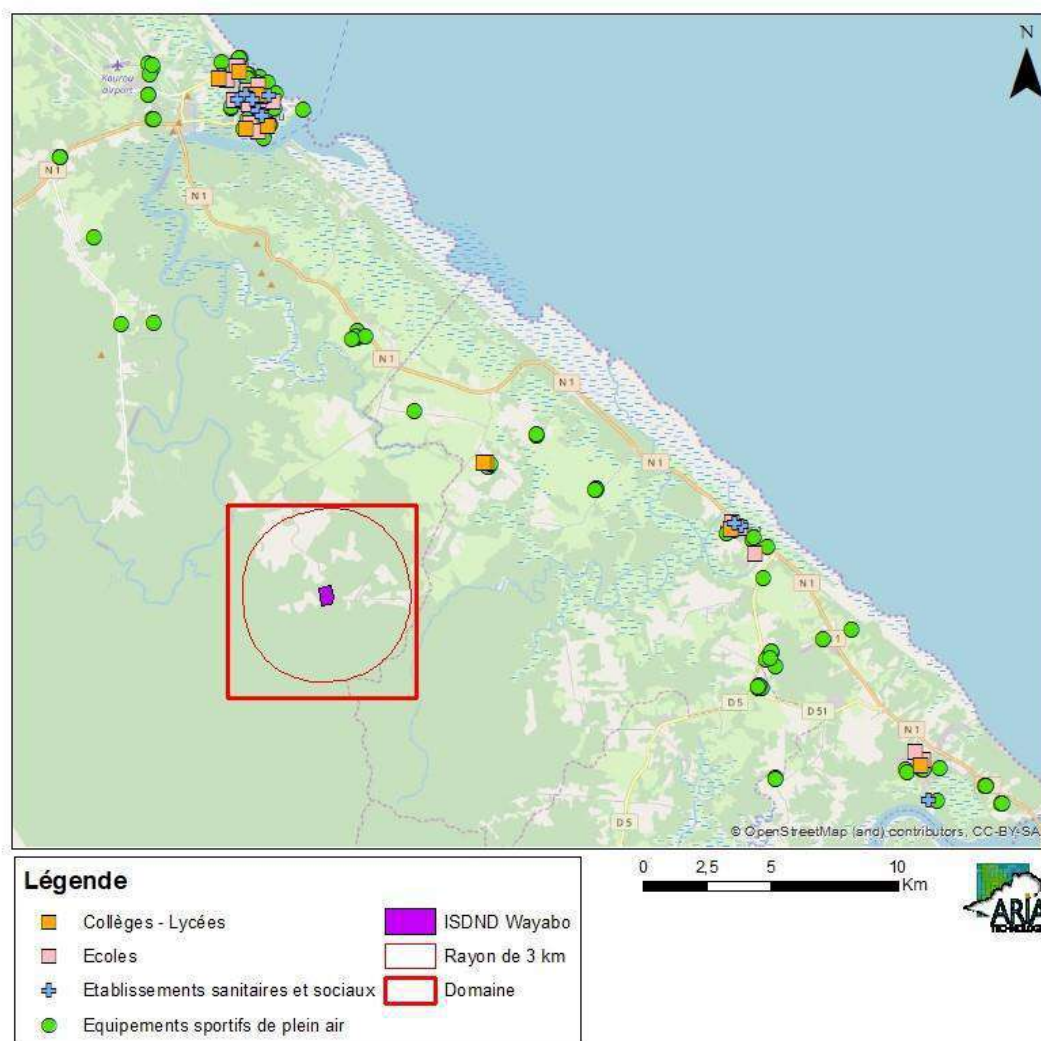
Aucune structure n'est recensée dans le rayon de 3 km autour du projet.

Les premiers établissements sanitaires sont situés à plus de 10 km du projet de Wayabo.

Les premiers équipements sportifs sont situés à environ 8 km au nord-est du projet : il s'agit des terrains de sport du Lycée Professionnel Agricole de Macouria et le ranch Amazonia (centre équestre de Macouria). Les autres équipements sportifs sont à plus de 10 km du projet.

Les premières écoles sont situées à environ 8 km du site : il s'agit du Lycée Professionnel Agricole de Macouria. Les autres équipements sportifs sont à plus de 10 km du projet.

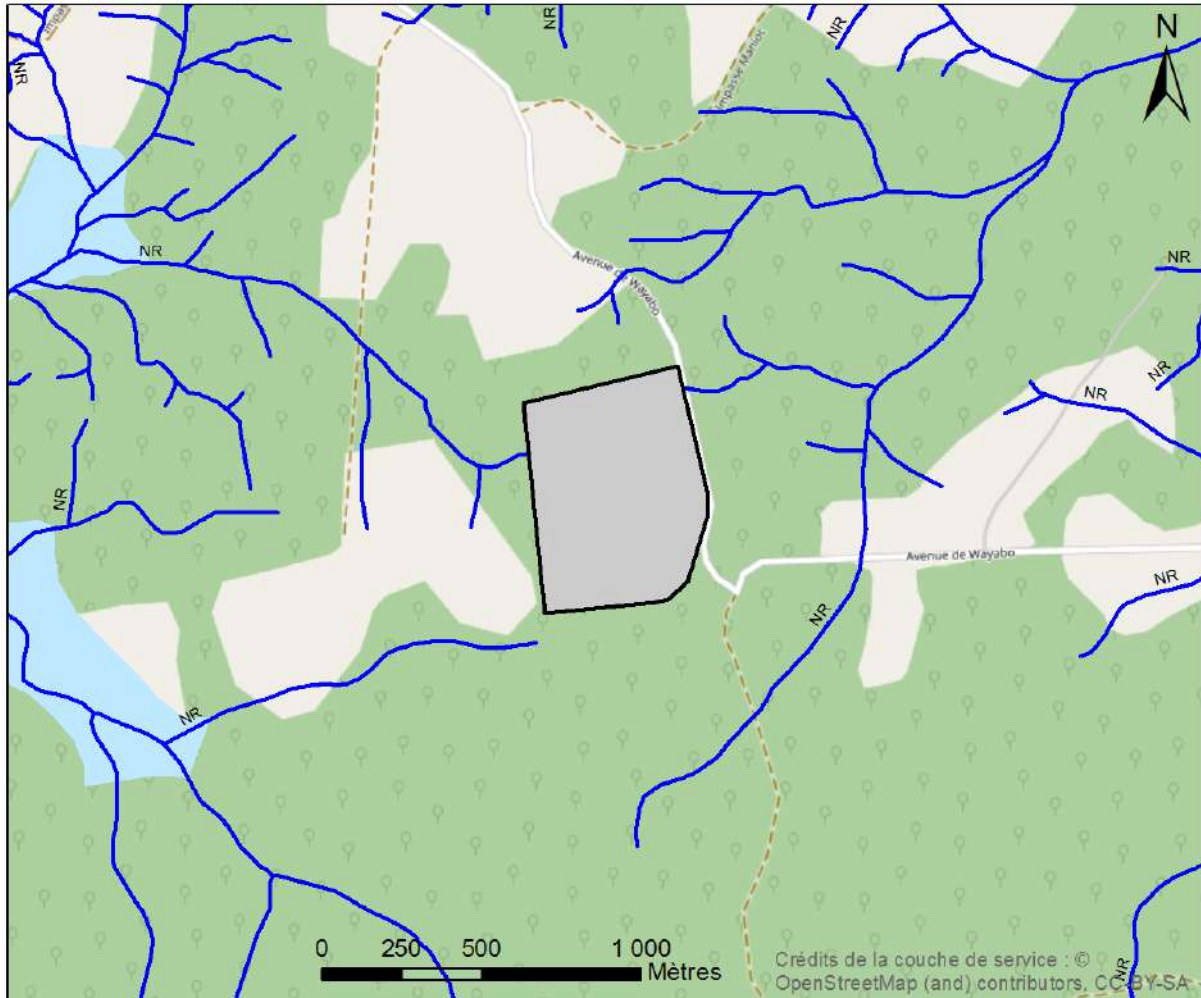
Figure 11 : localisation des populations sensibles






4.1 RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le site d'étude se trouve sur un terrain irrigué par des petits ruisseaux.

Figure 12 : réseau hydrographique (BD TOPO® Hydrographie, IGN)



Hydrographie

-  Cours d'eau
-  Etendue d'eau
-  Projet ISDND Wayabo

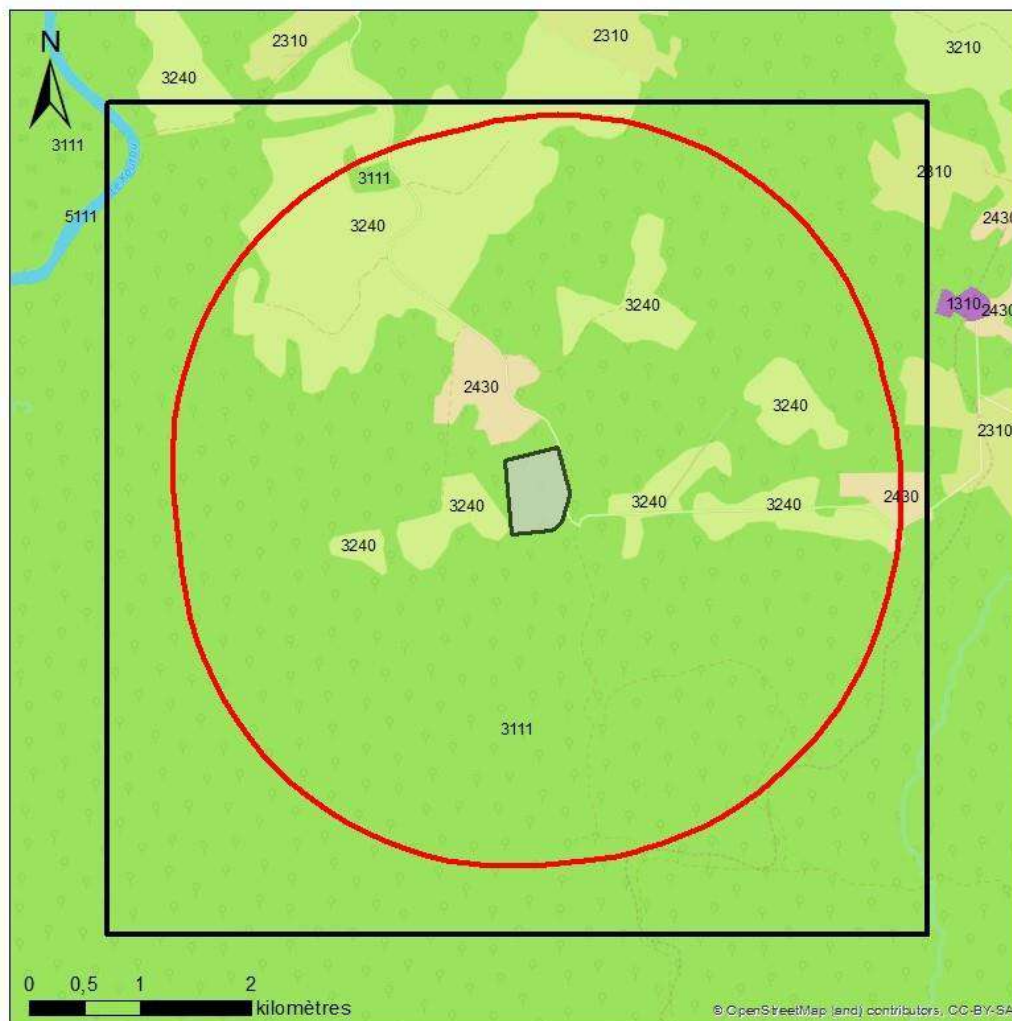


4.2 USAGES AUTOUR DU SITE

4.2.1 Occupation des sols

Le site se trouve dans une zone essentiellement composée de forêts et de milieux à végétation arbustive et/ou herbacées. Les principales zones sont localisées sur la Figure 13 (données issues de la base CORINE Land Cover 2012¹²). On note également la présence de quelques zones agricoles au nord et à l'est des limites de site.

Figure 13 : occupation du sol (données CORINE Land Cover 2012)



Occupation des sols (données Corine Land Cover 2012)

- | | |
|--|---|
|  1310 : Mines, décharges et chantiers |  Domaine d'étude |
|  2310 : Prairies |  Rayon de 3km autour du site |
|  2430 : Zones agricoles hétérogènes |  Limite de site |
|  3111 : Forêts | |
|  3210 : Pelouses et pâturages naturels | |
|  3240 : Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée | |
|  5111 : Cours et voies d'eau | |

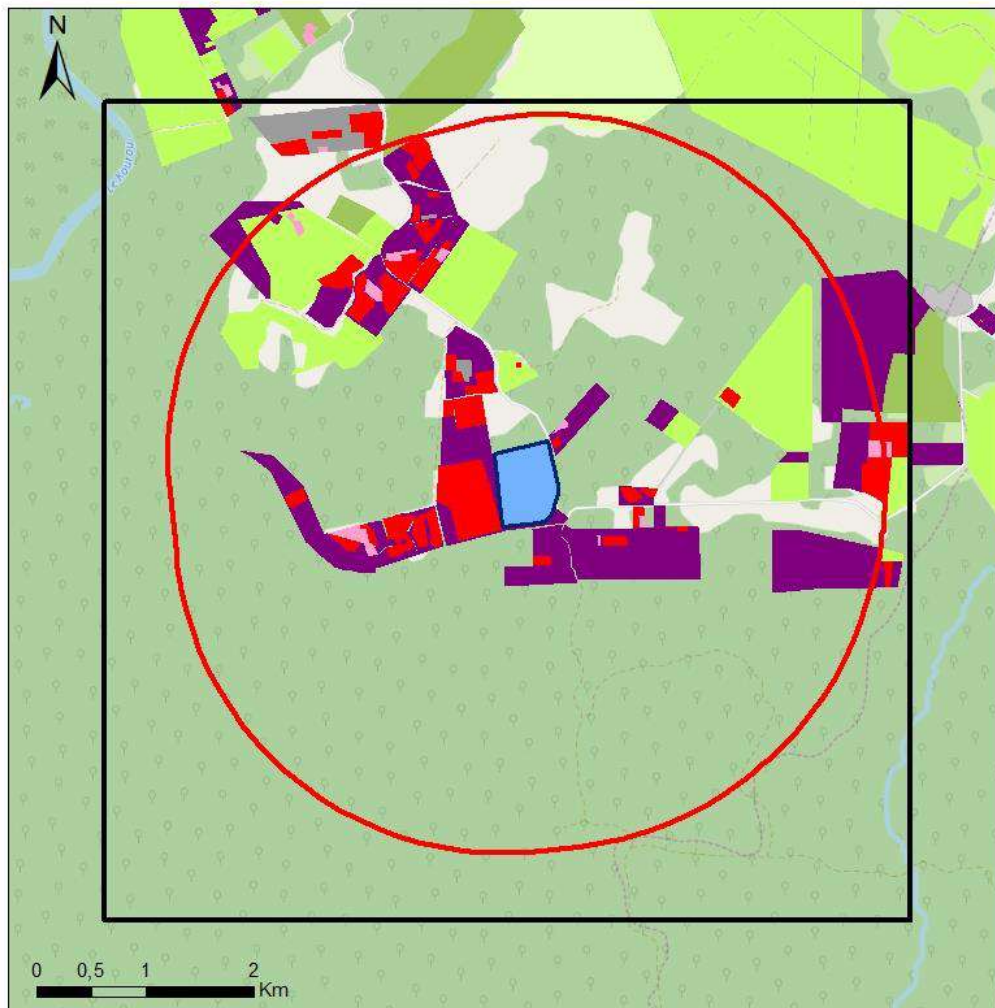


¹² Les produits CORINE Land ont été réalisés avec un financement de l'Union européenne, dans le cadre du programme Copernicus, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

4.2.2 Usages agricoles










Comme le montre la Figure 13, on note la présence de zones agricoles autour du pôle environnemental. Afin d'avoir une présentation plus précise des zones de cultures, la Figure 14 présente les cultures majoritaires sur chaque îlot de cultures pour l'année 2016. Les zones agricoles correspondent en grande partie à des prairies permanentes ou à des vergers. On peut noter notamment la présence d'un grand verger à l'est du pôle environnemental.

Figure 14 : culture majoritaire sur chaque îlot de culture (données RPG 2016)



Cultures majoritaires

Ilôts de cultures (Registre Parcellaire Graphique 2016)

	GEL (SURFACES GELEES SANS PRODUCTION)		Rayon de 3km autour du site
	FOURRAGE		Domaine d'étude
	PRAIRIES PERMANENTES		Limite de site
	PRAIRIES TEMPORAIRES		
	VERGERS		
	LEGUMES-FLEURS		
	DIVERS		

Le Tableau 23 présente les résultats du recensement général agricole 2010 (dernier recensement disponible). Le recensement agricole offre un portrait instantané, complet et détaillé, du secteur de l'agriculture (population agricole, surfaces végétales, y compris viticoles, effectifs animaux, moyens de production, activités annexes, etc.).

Tableau 23 : recensement agricole 2010 (recensement le plus récent disponible)

Communes	Orientation technico-économique de la commune	Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune	Cheptel en unité de gros bétail, tous aliments	Superficie agricole utilisée en hectare	Superficie en terres labourables en hectare	Superficie en cultures permanentes en hectare	Superficie toujours en herbe en hectare
Kourou	Polyculture et polyélevage	80	320	941	46	67	804
Macouria	Polyculture et polyélevage	253	5578	4867	445	236	4150

s : donnée soumise au secret statistique

4.2.3 Activité de loisirs

4.2.3.1 Activité de pêche

La présence de ruisseaux dans la zone d'étude n'exclut pas la pêche par les populations locales.

4.2.3.2 Activité de baignade

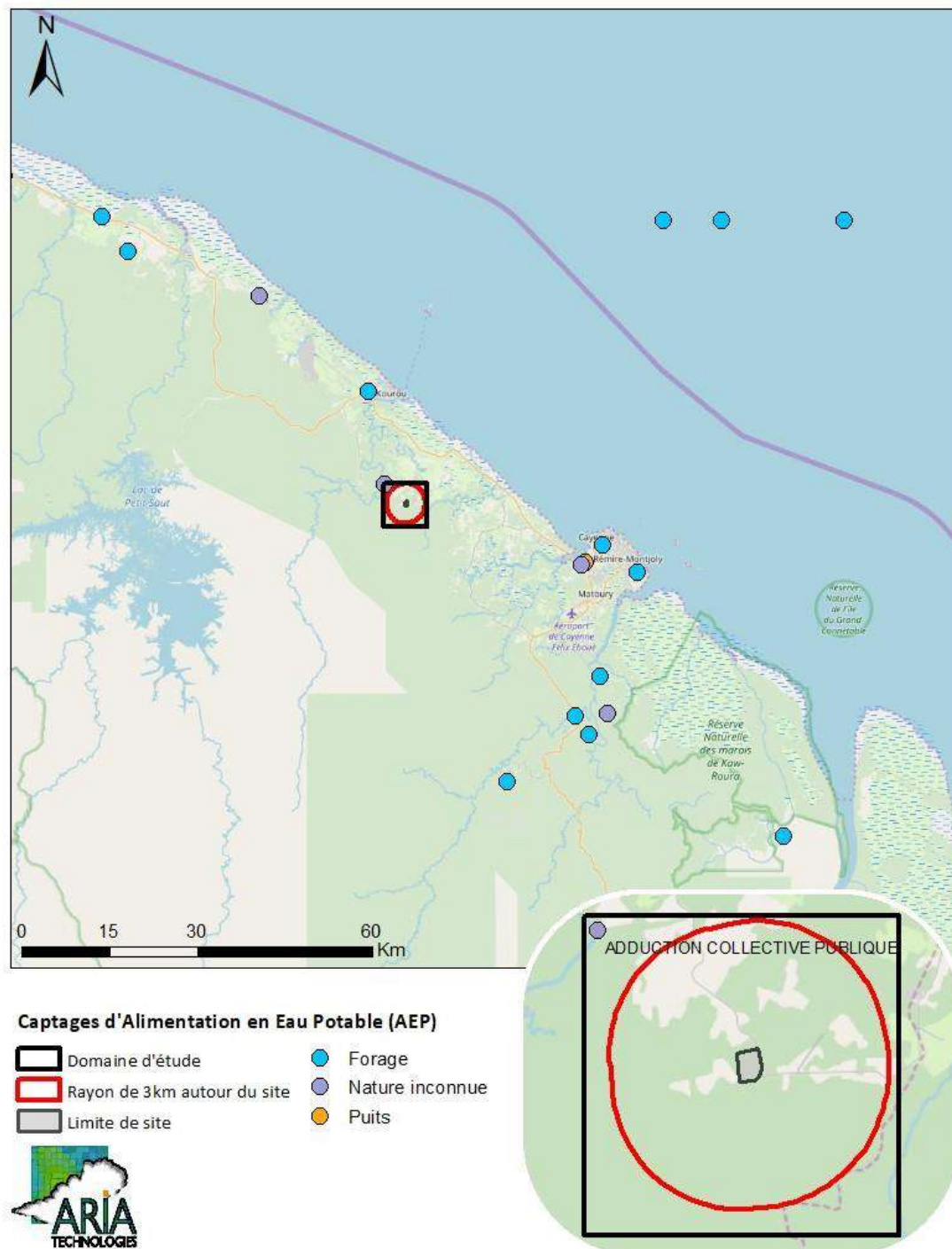
Aucune zone de baignade autorisée et surveillée par l'ARS n'est présente sur la zone d'étude (Ministère de la Santé).

Cependant, la zone d'étude est sillonnée par de petits ruisseaux dans lesquels les populations locales peuvent se baigner.

4.2.4 Recensement des points d'eau

Un seul captage d'Alimentation en Eau Potable est recensé dans le domaine d'étude comme le montre la Figure 15. Il s'agit d'un point d'adduction collective publique (captage AEP du Kourou). En dehors de la zone d'étude, le point d'eau le plus proche se trouve à environ 20km au nord.

Figure 15 : localisation des captages d'Alimentation en Eau Potable (Source : <http://www.adeseaufrance.fr/>)



4.3 METEOROLOGIE

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la pollution atmosphérique sont : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure, la pluviométrie, la stabilité de l'atmosphère.

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie). C'est pourquoi il est nécessaire de rechercher des chroniques météorologiques :

- suffisamment longues et complètes,
- représentatives de la climatologie du site.

4.3.1 Données météorologiques

Plusieurs paramètres rentrent en ligne de compte pour le choix de la station météorologique la plus représentative de la zone d'étude :

1. **sa position géographique** : la station retenue doit être la plus proche possible de l'installation et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude.
2. **la cadence d'acquisition des données météorologiques** : Météo France possède des stations où les relevés sont faits toutes les heures et d'autres tous les jours. Pour notre étude, nous avons besoin de données météorologiques suffisamment fines au niveau horaire pour avoir une bonne représentativité de la météorologie locale et pour prendre en compte les phénomènes météorologiques diurnes. Il est habituel d'utiliser des bases de données météorologiques comportant des données concernant le vent, la température et la nébulosité toutes les 3 heures pendant plusieurs années. Les stations « journalières » sont donc éliminées.
3. **la pertinence des données météorologiques.**

Les données météorologiques proviennent de la station Météo-France de Cayenne-Matoury pour les mesures de vent (direction et vitesse), de température, de pluie, et des observations de nébulosité. Cette station est située à environ 34 km au sud-est du pôle environnemental.

Les données météorologiques utilisées sont des mesures horaires (1 mesure toutes les heures). Ce fichier comporte trois années de mesures : du 01/01/2015 au 31/12/2017.

4.3.2 Analyse météorologique

4.3.2.1 Définitions

Vent calme :

Les vents calmes sont des vents de vitesse nulle ou inférieure à 0,9 m/s, sans direction associée. Ils ne sont donc pas représentés sur la rose des vents.

Vent faible :

Les vents faibles sont des vents de vitesse inférieure à 2 m/s.

Classification des vents en fonction de leur vitesse :

Vitesse du vent V	Rose des vents
$0,9 \text{ m/s} \leq V < 1,5 \text{ m/s}$	1 m/s
$1,5 \text{ m/s} \leq V < 2,5 \text{ m/s}$	2 m/s
$2,5 \text{ m/s} \leq V < 6,5 \text{ m/s}$	3-6 m/s
$6,5 \text{ m/s} \leq V < 12,5 \text{ m/s}$	7-12 m/s
$V \geq 12,5 \text{ m/s}$	$\geq 13 \text{ m/s}$

4.3.2.2 Roses des vents

La rose des vents, en un lieu donné, est la représentation graphique des fréquences des vents classées par direction et vitesse. Les intersections de la courbe avec les cercles d'une fréquence donnée fournissent les fréquences d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.

La Figure 16 présente la rose des vents générale pour la station de Cayenne-Matoury calculées à partir des données horaires sur la période 01/01/2015 au 31/12/2017. Le Tableau 24 synthétise les fréquences d'occurrence par classe de vitesse, toutes directions confondues.

Figure 16 : rose des vents générale – Station Cayenne-Matoury – 2015 à 2017 (3 ans)

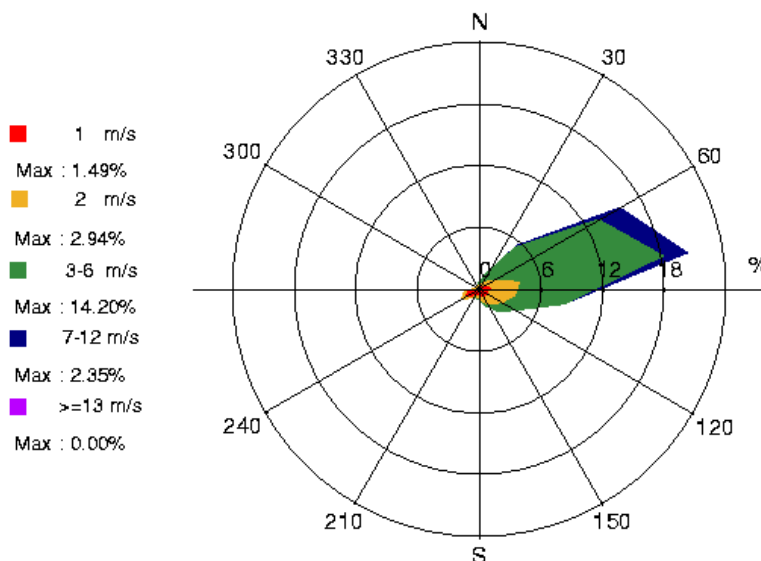


Tableau 24 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues

Classe de vitesse (m/s)	calmes	1	2	3-6	7-12	>=13
Borne de l'intervalle	[0 ; 0,9[[0,9 ; 1,5[[1,5 ; 2,5[[2,5 ; 6,5[[6,5 ; 12,5[[12,5 ; ∞[
Fréquence (%)	31,3%	10,5%	14,7%	38,3%	5,1%	0%

Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2015 au 31/12/2017), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- * la rose des vents montre une seule direction privilégiée : vents **d'est/nord-est** (52,9 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 40° et 100°¹³).
- * Les vents les plus fréquents sont les vents de vitesse comprise entre 3 et 6 m/s. Les vents ont une vitesse moyenne de 9 km/h (2,5 m/s).
- * Les vents forts (vitesse supérieure à 6,5 m/s) sont peu fréquents (environ 5% du temps).
- * Les vents faibles (vitesse inférieure à 1,5 m/s) sont assez fréquents puisqu'ils représentent 41,8 % des observations, dont 31,3 % de vents calmes.

4.3.2.3 Stabilité atmosphérique

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable.

Dans cette étude, elle a été déterminée à partir des données de gradient thermique qui conduit à distinguer six catégories de stabilité de l'atmosphère :

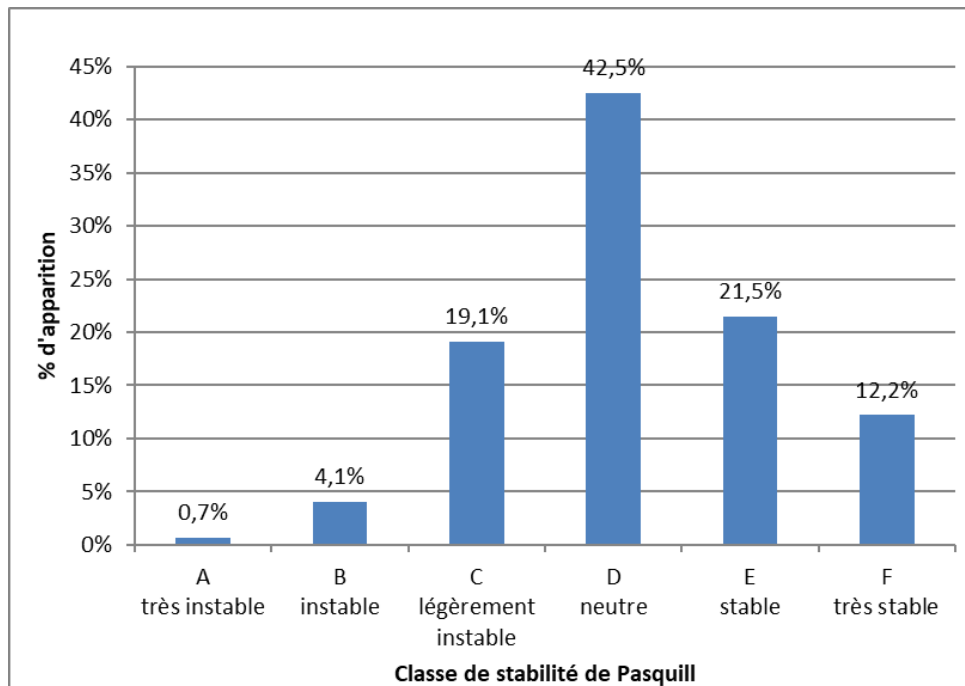
- Classe A : Très instable
- Classe B : Instable
- Classe C : Légèrement instable
- Classe D : Neutre
- Classe E : Stable
- Classe F : Très stable

Plus l'atmosphère est stable (catégories E et F), plus les conditions de dispersion sont défavorables. Ces situations freinent le déplacement des masses d'air et se retrouvent principalement par vents faibles et la nuit.

La Figure 17 présente la répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique.

¹³ Les directions du vent sont données en degrés par rapport au Nord et indiquent la direction d'où vient le vent (convention météorologique internationale). Un vent de 0° est donc un vent venant du Nord, un vent de 180° est un vent venant du Sud.

Figure 17 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique



La classe D de Pasquill est la plus fréquemment observée (42,5 %), ce qui est favorable pour la dispersion atmosphérique. Les conditions de dispersion sont relativement favorables puisque 66,4 % des observations présentent une atmosphère instable ou neutre.

Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 1,3 m/s en situation d'atmosphère stable - donc pénalisante pour la dispersion des émissions -, tandis qu'en atmosphère neutre, elle est de 3,2 m/s.

4.3.2.4 Pluviométrie

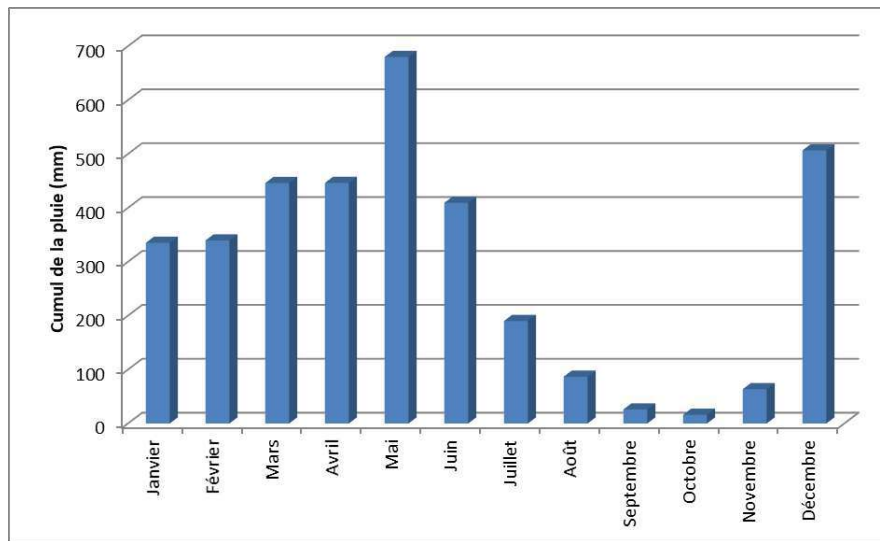
Dans le cadre de cette étude, nous avons tenu compte des données horaires de pluviométrie recueillies sur la station de Cayenne-Matoury.

En moyenne sur la période étudiée (du 01/01/2015 au 31/12/2017), il est tombé environ 3546 mm de pluie par an, l'année 2017 étant la plus pluvieuse des trois dernières années (cf. Tableau 25).

Tableau 25 : statistiques relatives à la pluviométrie - station de Cayenne-Matoury

	Pluviométrie annuelle (mm)
2015	3564
2016	3062
2017	4012
Moyenne	3546

Figure 18 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie (période du 01/01/2015 au 31/12/2017)



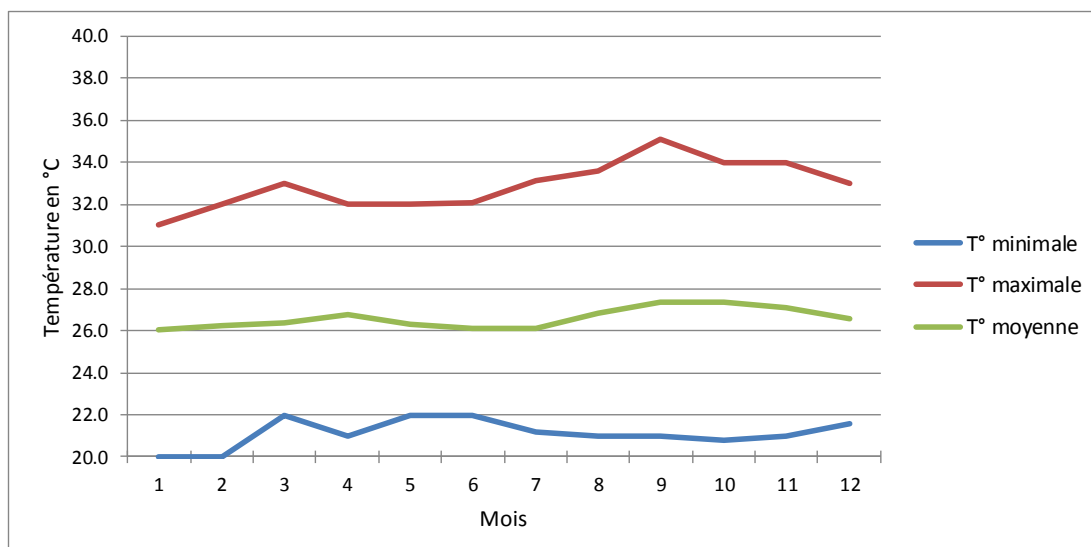
4.3.2.5 Températures

La température de l'air, dernier paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 26,6°C à la station de Cayenne-Matoury pour les trois années d'observations et varie peu au cours des trois années comme le montre le Tableau 26. La Figure 19 présente les variations moyennes mensuelles de la température minimale, moyenne et maximale sur la période du 01/01/2015 au 31/12/2017.

Tableau 26 : statistiques relatives à la température de l'air - station de Cayenne-Matoury

	Température moyenne (°C)
2015	26.5
2016	26.8
2017	26.6
Moyenne	26.6

Figure 19 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2015 au 31/12/2017)



4.4 QUALITE DE L'AIR

La qualité de l'air en Guyane est surveillée par l'Observatoire Régional de l'Air (ORA) de Guyane. L'Observatoire Régional de l'Air (ORA) de Guyane est une association agréée par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Comme ses homologues, elle est membre de la Fédération Atmo France qui regroupe 27 associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et emploie plus de 500 experts de la qualité de l'air.

4.4.1 Réglementation de la qualité de l'air en France

Les critères réglementaires de qualité sont régis par différents niveaux :

- **Valeur cible** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Objectif de qualité** : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur limite** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Niveau critique** : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.
- **Seuil d'information et de recommandation** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- **Seuil d'alerte** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Le Tableau 27 présente les valeurs réglementaires françaises du Code de l'Environnement (Titre II Livre II) relatif aux objectifs de qualité de l'air et aux valeurs limites.

Tableau 27 : valeur réglementaire française relative à la qualité de l'air

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeur cible (en moyenne annuelle)
NO₂	<p>En moyenne annuelle : depuis le 01/01/2010 : 40 µg/m³.</p> <p>En moyenne horaire : depuis le 01/01/2010 : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (centile 99.8)</p>	<p>En moyenne annuelle : 40 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire : 200 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire : – 400 µg/m³ dépassé sur 3h consécutives – 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain</p>	-
SO₂	<p>En moyenne journalière : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (centile 99.2)</p> <p>En moyenne horaire : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (centile 99.7)</p>	<p>En moyenne annuelle : 50 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire : 300 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire sur 3h consécutives : 300 µg/m³</p>	-
PM10 (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	<p>En moyenne annuelle : depuis le 01/01/05 : 40 µg/m³.</p> <p>En moyenne journalière : depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (centile 90.4)</p>	<p>En moyenne annuelle : 30 µg/m³</p>	<p>En moyenne journalière : 50 µg/m³</p>	<p>En moyenne journalière : 80 µg/m³</p>	-
CO	<p>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (centile 100) : 10 000 µg/m³.</p>	-	-	-	-
Benzène	<p>En moyenne annuelle : depuis le 01/01/2010 : 5 µg/m³.</p>	<p>En moyenne annuelle : 2 µg/m³.</p>	-	-	-
PM2,5 (Particules fines de diamètre inférieur)	<p>En moyenne annuelle : 25 µg/m³ depuis l'année 2015</p>	<p>En moyenne annuelle : 10 µg/m³</p>	-	-	20 µg/m ³



	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeur cible (en moyenne annuelle)
ou égal à 2,5 micromètres)					
Arsenic	-	-	-	-	6 ng/m ³
Cadmium	-	-	-	-	5 ng/m ³
Nickel	-	-	-	-	20 ng/m ³
Plomb	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m ³	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³	-	-	-
Benzo(a)pyrène (traceur du risque cancérigène lié aux HAP)	-	-	-	-	1 ng/m ³
Ozone		<p>Seuil de protection de la santé, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m³ pendant une année civile.</p> <p>Seuil de protection de la végétation, AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m³.h</p>	<p>En moyenne horaire : 180 µg/m³.</p>	<p>Pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m³ sur 1 heure</p> <p>Pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire :</p> <p>1er seuil : 240 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 2e seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives. 3e seuil : 360 µg/m³.</p>	<p>Seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans.</p> <p>Seuil de protection de la végétation : AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m³.h en moyenne calculée sur 5 ans.</p>

4.4.2 Bilan de la qualité de l'air

4.4.2.1 Qualité de l'air dans les agglomérations

Les informations présentées dans cette partie sont extraites du rapport d'activité 2016 de l'Observatoire Régional de l'Air (ORA) de Guyane (dernier rapport disponible au moment de la rédaction du rapport), disponible sur leur site Internet (<http://www.ora-guyane.org>).

L'Observatoire Régional de l'Air (ORA) qui surveille la qualité de l'air en Guyane possède 3 stations fixes de surveillance de l'air :

- Une station urbaine « CAIENA3 » à Cayenne, mise en service en mars 2015 ;
- Une station périurbaine sous influence industrielle « KALOU » à Matoury, mise en service en juillet 2014 ;
- Une station urbaine « Brady » à Kourou, mise en service en septembre 2015.

Ces stations sont représentées sur la Figure 20.

Figure 20 : stations de mesures fixes du réseau de surveillance de l'ORA (Source : ORA)



Ces stations de mesure permettent de définir la qualité de l'air au niveau des agglomérations de Kourou et Cayenne (Tableau 28).

En 2015 et 2016, les émissions en dioxyde d'azote n'ont pas engendré de dépassement des seuils réglementaires ni dans l'île de Cayenne ni à Kourou, les concentrations moyennes annuelles sont faibles.

Les particules, principalement dues aux brumes du Sahara, sont les polluants mesurés présentant le principal enjeu sanitaire dans le domaine de la qualité de l'air pour la Guyane. Une légère amélioration a été constatée en 2016 par rapport à 2015. L'objectif de qualité et la valeur limite n'ont pas été dépassés en 2016.

Tableau 28 : concentrations moyennes annuelles mesurées par les stations fixes par l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (source : ORA)

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		CAIENA3 (Cayenne)	KALOU (Matoury)	BRADY (Kourou)	Réglementation
Typologie		Urbaine	Péri-urbaine	Urbaine	
Mise en service		17-03-2015	30-09-2014	27-05-2016	
NO ₂	2015	3	3	-	Valeur limite : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2016	3	3	2	
PM10	2015	28	31	28	Obj. de qualité : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Valeur limite : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	2016	24	22	22	

En complément des stations fixes, l'Observatoire Régional de l'Air réalise des campagnes de mesure ponctuelles, notamment pour le benzène et le benzo(a)pyrène. Les résultats des campagnes de 2015 et 2016 sont présentées dans le Tableau 29.

Sur 2015 et 2016, aucun dépassement de seuil n'a été constaté pour le benzène, le benzo(a)pyrène et les métaux.

Tableau 29 : concentrations moyennes mesurées lors des campagnes de mesure ponctuelles par l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane (source : ORA)

		Unité	Cayenne	Kourou	Réglementation
Benzène	2015	µg/m ³	0.5	0.5	Obj. de qualité : 2 µg/m ³ Valeur limite : 5 µg/m ³
	2016	µg/m ³	0.6	0.5	
Benzo(a)pyrène	2015	ng/m ³	<0.02	<0.02	Valeur cible : 1 ng/m ³
	2016	ng/m ³	<0.02	<0.02	
Arsenic	2016	ng/m ³	0.2	0.0	Valeur cible : 6 ng/m ³
Cadmium	2016	ng/m ³	0.0	0.0	Valeur cible : 5 ng/m ³
Nickel	2016	ng/m ³	2.9	0.2	Valeur cible : 20 ng/m ³
Plomb	2016	ng/m ³	1.0	0.5	Obj. de qualité : 250 ng/m ³ Valeur limite : 500 ng/m ³

4.4.2.2 Qualité de l'air dans la zone d'étude

Les mesures de l'Observatoire Régional de l'Air de Guyane sont réalisées en zone urbaine ou péri-urbaine, elles ne sont donc pas représentatives de la qualité de l'air au niveau du projet de pôle environnemental de Wayabo, localisé en zone rurale.

C'est pourquoi une campagne de mesure in situ a été réalisée par la société RINCENT AIR du 29 juillet au 11 août 2017 afin de déterminer la qualité de l'air au niveau du projet de pôle environnemental de Wayabo. Le rapport complet de cette campagne est présenté en Annexe 1.

En fonction des différentes situations d'exposition par rapport aux vents, 5 points de mesure ont été disposés aux abords du site (Figure 21) :

- P1 : Au niveau du riverain situé en amont des vents dominants (riverain n°1)
- P2 : A l'entrée du site en amont des vents dominants
- P3 : En bordure de site en aval des vents dominants
- P4 : Au niveau du riverain situé en aval des vents dominants (riverain n°3)
- P5 : Au niveau du riverain situé au nord du site, hors des vents dominants (riverain n°2)

Figure 21 : localisation des points de mesure



Six polluants différents ont été relevés au droit des points de mesure :

- Dioxyde d'azote (NO₂)
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Poussières PM₁₀
- Benzène
- Sulfure d'hydrogène (H₂S)
- 1,2 dichloroéthane (DCE)

Météorologie au cours de la campagne de mesure :

Les températures rencontrées au cours des mesures sont représentatives des normales saisonnières et caractérisent des maximales assez élevées.

A l'exception des 3 et 6 aout, des précipitations assez faibles sont observées pendant la campagne avec une moyenne journalière de 1,9 mm. L'été 2017 est par ailleurs peu pluvieux, avec une moyenne de 3,9 mm/j en juillet et 0,3 mm/j en aout contre des normales saisonnières de 4,8 mm/j en juillet et 2,8 mm/j en aout. Ces conditions ne laissent pas envisager une diminution des concentrations en particules en suspension due au lessivage de l'atmosphère.

La rose des vents présente un secteur est-nord-est très nettement majoritaire, ce qui est représentatif des normales et valide les conditions d'exposition recherchées par le plan d'échantillonnage. Une faible composante sud peut également être observée.

Les vitesses de vent enregistrées sont faibles, avec 41% de vents inférieurs à 1,5 m/s, et seulement 1% de vents supérieures à 4,5 m/s. Ces conditions caractérisent une dispersion lente de la pollution atmosphérique et sont favorables à un impact sur les points de mesure les plus proches des sources d'émissions de polluants.

Mesures de concentrations dans l'air :

La répartition des concentrations des différents polluants mesurés est représentée sur la Figure 22.

Figure 22 : répartition des concentrations des différents polluants mesurés



A l'exception des concentrations en poussières PM₁₀, les concentrations mesurées dans la zone d'étude sont très faibles.

Le point P1 présente les valeurs les plus importantes pour le NO₂, le SO₂ et le 1,2-DCE, ce qui s'explique par sa proximité avec une habitation (riverain n°1). Le passage de véhicules et l'activité résidentielle constituent en effet des sources d'émission potentielles de ces polluants.

Les concentrations de ces mêmes composés au point P2 sont légèrement plus importantes que sur les autres points, ce qui peut être lié à sa proximité avec P1 ou au passage de véhicules entrant sur le site. En revanche les concentrations en particules sont plus importantes sur P2. Etant donné l'environnement de la zone d'étude, une origine naturelle est à envisager pour les émissions de particules, avec un phénomène de remise en suspension à proximité de P2.

Le benzène est quant à lui légèrement supérieur sur les points P4 et P5, tous deux également situés à proximité d'une habitation.

Les concentrations les plus faibles sont mesurées sur P3, actuellement le moins exposé mais qui, à terme, devrait constituer le point le plus impacté en aval du site.

Pour les poussières, la valeur limite de 40 µg/m³ est dépassée au point 2 et l'objectif de qualité de 30 µg/m³ est dépassée au point 1. Ces deux points se trouvent sous les vents dominants. Il est possible que ces teneurs en particules fines soit d'origine naturelle.

Comparaison avec la réglementation :

Les résultats des mesures sont comparés à la réglementation française lorsqu'elle existe (Tableau 30).

Tableau 30 : résultats de la campagne de mesure

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
Polluant	NO ₂	SO ₂	benzène	1,2-DCE	H ₂ S	PM ₁₀
P1	7,5	0,9	0,09	0,04	<0,2	33,4
P2	0,8	0,7	0,07	<0,01	<0,2	49,2
P3	0,3	<0,6	0,05	<0,01	<0,2	27,6
P4	0,7	<0,6	0,22	<0,01	<0,2	NQ*
P5	0,5	<0,6	0,22	<0,01	<0,2	NQ*
Réglementation	Obj. de qualité : 40 Valeur limite : 40	Obj. de qualité : 50	Obj. de qualité : 2 Valeur limite : 5	-	-	Obj. de qualité : 30 Valeur limite : 40

**Non Quantifiable : saturation des capteurs par la présence de nids d'oiseaux dans la tête de prélèvement*

Seules les teneurs en particules mesurées au cours de la campagne dépassent les valeurs réglementaires, avec une concentration supérieure à la valeur limite sur P2 et à l'objectif de qualité sur P1. Il est cependant probable que la principale source d'émission des particules au niveau de la zone d'étude soit d'origine naturelle. En effet, au cours de l'année 2016, tous les dépassements des seuils réglementaires relevés en Guyane par l'Observatoire Régional de l'Air sont dus aux particules en suspension provenant majoritairement du Sahara.

Les résultats obtenus pour les autres polluants, dans la limite de la durée de la campagne de mesure, sont très inférieurs aux valeurs réglementaires, et caractérisent actuellement une bonne qualité de l'air dans l'environnement du projet.

5. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION

Compte tenu des rejets du site (cf. paragraphe 3), la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation des substances émises à l'atmosphère.

L'exposition des personnes vivant au voisinage d'une installation industrielle émettrice d'effluents dans l'atmosphère peut se produire :

- soit directement par inhalation pour toutes les substances émises à l'atmosphère ;
- soit de façon indirecte par ingestion par le biais de retombées de particules responsables de la contamination de la chaîne alimentaire ;
- soit par contact cutané.

Les personnes habitant ou travaillant à proximité du site inhalent l'air ambiant. Elles sont donc susceptibles d'être exposées de manière directe par inhalation aux effets des rejets atmosphériques du site. Cette voie d'exposition est donc conservée.

En ce qui concerne la voie cutanée, elle ne sera pas conservée. Elle peut être en effet considérée comme négligeable par rapport à l'inhalation et l'ingestion. De plus, il n'existe pas de valeur toxicologique de référence (VTR) pour cette voie d'exposition¹⁴.

L'exposition par ingestion peut être :

- soit directe par le biais d'ingestion de poussières (mains, objets ou aliments souillés par de la terre et portés à la bouche). Des études expérimentales ont en effet permis d'estimer la part de poussières et de sols ingérés par les personnes exposées pour différentes tranches de la vie. Il est montré que les enfants, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes ;
- soit indirecte par le transfert de contaminants au travers de la chaîne alimentaire. Cette voie concerne les composés susceptibles de se redéposer et qui ont de plus un caractère bio-cumulatif, c'est-à-dire qui ont la possibilité de s'accumuler sans être dégradés dans les végétaux et animaux.

Compte tenu de la présence de cultures à proximité du site, la voie digestive sera conservée pour les substances pouvant s'accumuler dans la chaîne alimentaire, à savoir les HAPs et les métaux.

Ainsi, au regard des données locales relatives à la caractérisation des milieux (cf. paragraphe 4) :

- des cultures et des jardins potagers privés sont présents autour du site :
 - ⇒ l'exposition par ingestion de fruits et légumes est possible et sera donc prise en compte dans cette étude.
- quelques élevages sont susceptibles de se trouver sur la zone d'étude. De plus, l'élevage de volailles en plein air par des particuliers ne peut être écarté :
 - ⇒ l'exposition par ingestion de la viande et du lait de bovins potentiellement élevés dans la zone d'étude est conservée ;

¹⁴ La note d'information de la DGS du 31 octobre 2014 précise en effet qu'« en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, ils [les pétitionnaires] ne doivent envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

- ⇒ l'exposition par ingestion de viande de volailles et d'œufs est possible et sera donc prise en compte dans cette étude.

Comme exposé précédemment (cf. paragraphe 3.2), les rejets aqueux du projet de pôle environnemental de Wayabo seront traités et contrôlés avant rejet dans le milieu naturel. C'est pourquoi les rejets aqueux sont minoritaires devant les rejets atmosphériques : **La voie d'exposition des populations par ingestion d'eau est donc écartée.**

L'exposition *via* l'ingestion d'eau du robinet n'est pas retenue dans la présente étude. En effet, l'eau consommée à partir du robinet subit un traitement en usine d'eau potable qui lui confère une composition différente de celle de la ressource utilisée.

Les voies suivantes ne sont pas à étudier, car très minoritaires :

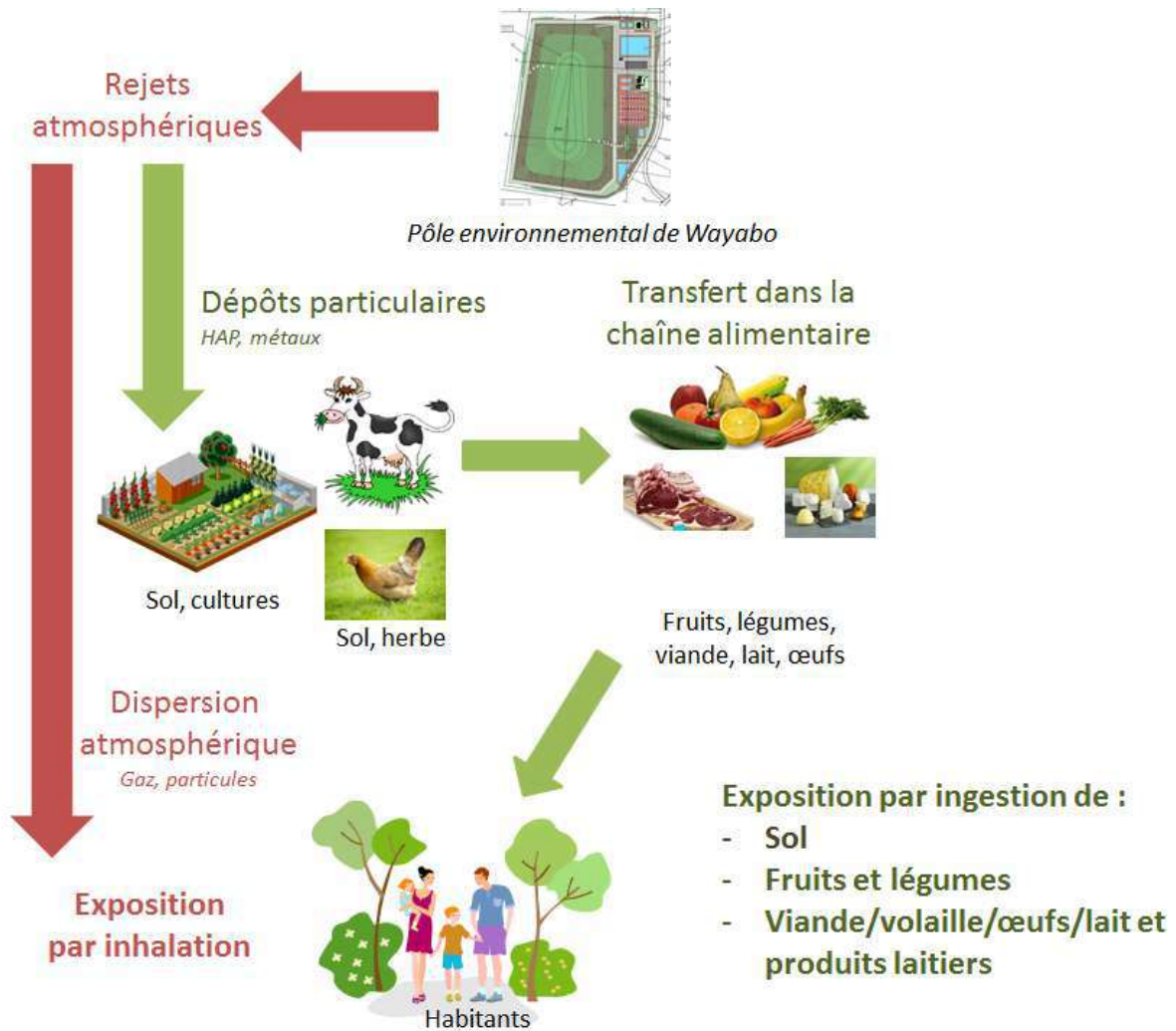
- l'inhalation de particules de sol remises en suspension dans l'air ;
- l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air ;
- l'ingestion d'animaux terrestres chassés dans la zone d'influence des rejets atmosphériques de l'installation.

Compte tenu des rejets du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues sont donc :

- l'inhalation,
- l'ingestion :
 - de sol,
 - de viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers,
 - de fruits et légumes.

Le Schéma Conceptuel d'Exposition autour du site est présenté sur la Figure 23.

Figure 23 : schéma conceptuel d'exposition autour du pôle environnemental de Wayabo



6. INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX (IEM)

6.1 METHODOLOGIE

6.1.1 Présentation générale de la méthodologie de l'IEM

La méthodologie s'appuie sur les guides suivants :

- « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, août 2013.
- « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués », Ministère en charge de l'environnement, avril 2017, qui décrit la démarche d'Interprétation de l'État des Milieux (nouveau guide complétant le guide « La démarche d'Interprétation de l'État des Milieux », Ministère en charge de l'environnement, 2007).

L'évaluation de l'état des milieux se base sur des mesures réalisées localement de l'ensemble des milieux d'exposition (air, sol, eau, aliments produits localement).

La mise en œuvre de l'Interprétation de l'Etat des Milieux est prévue afin de s'assurer de la compatibilité sanitaire de l'état des milieux avec les usages actuellement constatés sur ce secteur. L'IEM permet de différencier les situations qui permettent une libre jouissance des milieux de celles qui sont susceptibles de poser un problème d'ordre sanitaire.

Le logigramme ci-dessous permet de présenter la démarche d'IEM selon le guide INERIS d'août 2013.

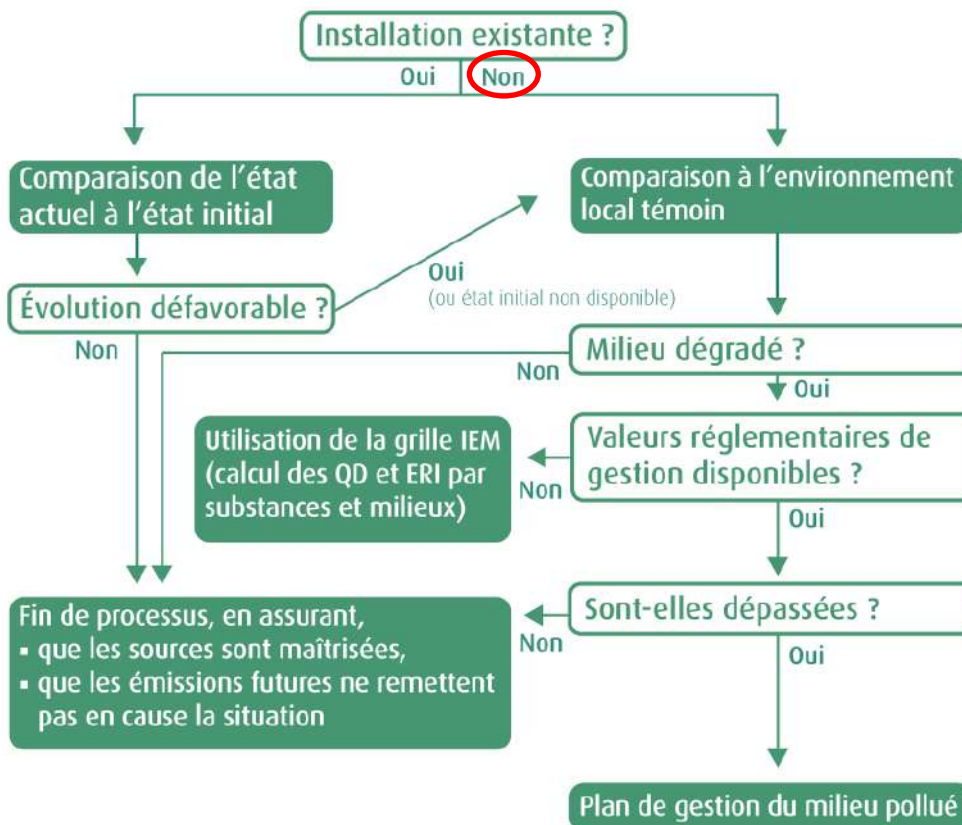


Figure 24 : étapes et critères de l'IEM (guide INERIS août 2013)

6.1.2 Etape 1 : détermination de la dégradation ou non du milieu

En premier lieu, il est nécessaire de caractériser les milieux d'exposition retenus dans le schéma conceptuel d'exposition. La caractérisation des milieux se base sur des mesures réalisées localement par l'exploitant de l'installation, d'autres exploitants, les réseaux de surveillance, les administrations ou des organismes nationaux.

Une fois le milieu caractérisé, il est nécessaire de le comparer :

- soit avec l'état initial (si disponible, et dans le cas d'une installation existante) : la comparaison à l'état initial permet de connaître l'évolution des concentrations dans le temps depuis la mise en service de l'installation.
- soit avec l'environnement local témoin (nouvelle installation, état initial non disponible) : l'environnement local témoin est un environnement considéré comme n'étant pas affecté par les activités de l'installation étudiée, mais situé dans la même zone géographique et dont les caractéristiques (pédologiques, géologiques, hydrologiques, climatiques,...) sont similaires à l'environnement impacté par l'installation. La comparaison à l'environnement local témoin permet de relativiser les concentrations mesurées à des points impactés par rapport à des points non impactés et de conclure sur la dégradation ou non du milieu.

6.1.3 Etape 2 : comparaison aux valeurs de gestion disponibles

En cas de conclusion de milieu dégradé, lorsque les variations dans le temps ou dans l'espace montrent une dégradation des milieux, par rapport à l'environnement local témoin, il doit être estimé dans quelle mesure cet état dégradé peut compromettre ou non la compatibilité des milieux avec les usages. Cette démarche consiste à comparer les concentrations mesurées avec les valeurs réglementaires ou indicatives sur la qualité des milieux applicables.

Pour les substances et milieux disposant de valeurs de référence, une comparaison directe à ces valeurs est réalisée. L'interprétation de l'état des milieux s'effectue alors selon la grille ci-dessous.

Si	Interprétation de l'état des milieux
C < Créf	Compatible avec les usages
C < Créf et C augmente dans le futur	Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
C > Créf	Non compatible avec les usages

6.1.4 Etape 3 : grille de calcul IEM

Pour les substances et milieux sur lesquels il n'existe pas de valeurs de référence, la compatibilité des milieux avec leurs usages est évaluée à la suite d'une quantification partielle des risques. Le calcul d'indicateurs de risque (Quotient de Danger QD et Excès de Risque Individuel ERI) est réalisé en considérant isolément chaque substance et chaque milieu concernés. La réalisation d'un calcul substance par substance et milieu par milieu se justifie dans ce cas, car il ne s'agit pas d'entrer dans un éventuel plan de gestion du milieu, mais d'appréhender, pour chaque substance, la dégradation éventuelle des milieux pour adapter la gestion des émissions de l'installation.

La grille IEM permet une quantification du risque sanitaire par le calcul d'indicateurs de risques à partir de concentrations mesurées dans les milieux d'exposition. La grille IEM n'est utilisée que pour les substances et les milieux pour lesquels une dégradation est observée et sans valeurs de gestion pour évaluer la compatibilité avec les usages. La quantification ne porte pas sur l'ensemble des traceurs de risque et des voies d'exposition.

Le calcul d'indicateurs de risque étant réalisé à partir des valeurs toxicologiques de référence, il se distingue pour les composés à effet à seuil (atteinte d'un organe ou d'un système d'organes), et pour les composés à effet sans seuil (polluants cancérigènes génotoxiques).

	Composé à seuil d'effet	Composé sans seuil d'effet
Exposition par inhalation	$QD = CI/VTR_i$	$ERI = VTR_i \times CI$
Exposition par ingestion	$QD = DJE/VTR_o$	$ERI = VTR_o \times \frac{DJE \times T}{Tm}$

avec : QD : Quotient de danger
 CI : Concentration inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 DJE : Dose journalière d'Exposition (en mg/kg de poids corporel/jour)
 VTR : Valeur Toxicologique de Référence par inhalation (VTR_i) ou par ingestion (VTR_o)
 T : durée d'exposition (années)
 Tm : Période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (substance sans seuil d'effet : Tm est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)

La Dose Journalière d'Exposition (DJE) par ingestion est calculée suivant l'équation :

$$DJE = \sum_i \frac{C_i \times Q_i \times f_i \times F}{P}$$

Avec :

DJE : Dose Journalière d'Exposition totale (mg/kg poids corporel/jour)
 C_i : concentration en polluant dans l'aliment i (mg/kg)
 i correspondant au sol (terre ingérée), aux légumes-feuilles, aux légumes-fruits, aux légumes-racines, aux fruits, à la viande de volaille, aux œufs, aux autres viandes et aux produits laitiers.
 Q_i : quantité de l'aliment i ingérée (kg/jour)
 f_i : fraction d'aliment i provenant de la zone d'exposition (-) (autoconsommation)
 F : fréquence d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours)
 P : masse corporelle de la cible (kg)

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont recherchées pour chaque substance auprès des différentes instances internationales suivantes :

- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)
- Environmental Protection Agency (US-EPA)
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS/IPCS)
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR)
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA)
- Santé Canada (Health Canada)
- National Institute of Public Health and the Environment (RIVM)
- European Food Safety Authority (EFSA)

Le choix des VTR s'appuie sur les recommandations de la Direction Générale de la Santé (note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) qui consiste à retenir en priorité les VTR de l'ANSES, les VTR ayant fait l'objet d'une expertise nationale, puis la VTR la plus récente des bases de données US-EPA, ATSDR et OMS.

Les résultats de la comparaison aux valeurs de gestion ou de quantification partielle des risques sont interprétés selon les critères présentés dans le Tableau 31. L'interprétation est faite substance par substance et milieu par milieu, les conclusions pouvant être différentes selon les substances et les voies d'exposition.

Tableau 31 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM

Si	Interprétation de l'état des milieux
QD < 0,2 et/ou ERI < 1.10⁻⁶	L'état des milieux est jugé compatible avec les usages existants et constatés. La mise en place d'une surveillance environnementale peut être envisagée pour vérifier la maîtrise de la source de pollution.
0,2 < QD < 5 et/ou 1.10⁻⁶ < ERI < 1.10⁻⁴	Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie. Soit des mesures de gestion simples peuvent être mises en œuvre afin de supprimer les voies d'exposition (de type couverture des terrains ou mise en œuvre de servitudes...) ; soit une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) est réalisée.
QD > 5 et/ou ERI > 1.10⁻⁴	Non compatible avec les usages. Un plan de gestion doit être réalisé afin de rétablir la compatibilité sanitaire de l'état des milieux avec les usages constatés.

A l'issue de l'EQRS, soit le milieu est finalement jugé conforme, soit un plan de gestion doit être entrepris.

Remarque : dans le cas d'une modification d'un site, une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) relative aux rejets du projet sera systématiquement réalisée, même si les milieux sont jugés conformes dans l'état actuel.

6.1.5 Application au pôle environnemental de Wayabo

Les milieux d'exposition sont les milieux susceptibles d'entrer en contact avec les populations. Ils sont définis à partir du schéma conceptuel d'exposition défini au §5. D'après le schéma d'exposition, les milieux « Air » et « Sol » sont les milieux susceptibles d'être impactés par le futur pôle environnemental de Wayabo.

Des mesures ont été réalisées dans l'air ambiant autour du projet de pôle environnemental de Wayabo. L'IEM sera réalisée pour le milieu « Air ».

6.2 ETAT DU MILIEU « AIR »

6.2.1 Campagne de mesure – Etat Initial

Une campagne de mesures pour caractériser l'état initial de la qualité de l'air au niveau de la zone d'implantation du futur site a été mise en œuvre. Cette campagne a été réalisée par la société Rincent Air (rapport complet en Annexe 1), elle est également résumée au paragraphe 4.4.2.2 présentant la qualité de l'air dans la zone d'étude.

Les mesures ont porté sur les polluants suivants :

- Dioxyde d'azote (NO₂)
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Poussières PM₁₀
- Benzène
- Sulfure d'hydrogène (H₂S)
- 1,2 dichloroéthane (DCE)

Il s'agit de composés susceptibles d'être émis par la future installation (cf. paragraphe 3.1.1).

La campagne de mesure s'est déroulée du 29 juillet au 11 août 2017.

6.2.1.1 Plan d'échantillonnage

La rose des vents de la station météorologique de Kourou indique une composante majoritaire en provenance du secteur est/nord-est. Pour prendre en compte les situations d'exposition en amont et en aval de ces vents, cinq points de mesure sont implantés de part et d'autre du futur site dans l'axe ouest/est ainsi qu'à proximité des riverains les plus proches (voir Figure 25) :

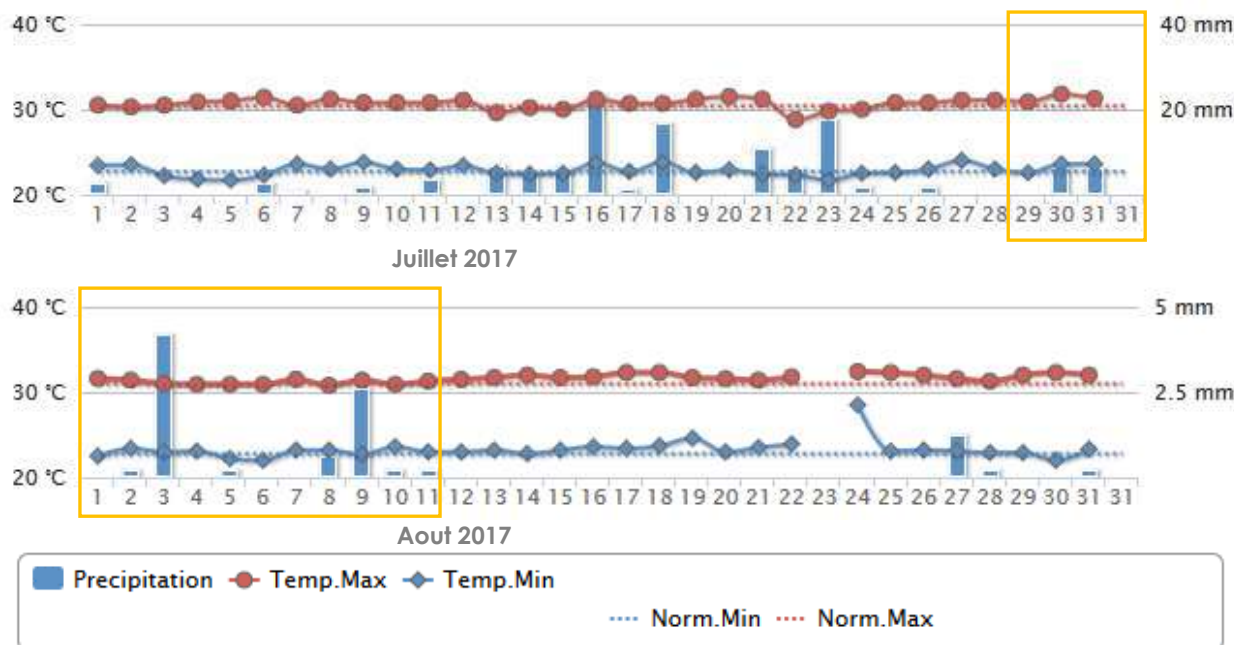
- Point 1 : au niveau du riverain situé en amont des vents dominants ;
- Point 2 : à l'entrée du site en amont des vents dominants (sur ce point, plusieurs capteurs ont été placés afin d'évaluer la répétabilité de la mesure) ;
- Point 3 : en bordure de site en aval des vents dominants ;
- Point 4 : au niveau du terrain situé en aval des vents dominants ;
- Point 5 : au niveau du riverain situé au nord du site, hors des vents dominants.

Figure 25 : localisation des points de mesure (source : rapport Rincent Air)



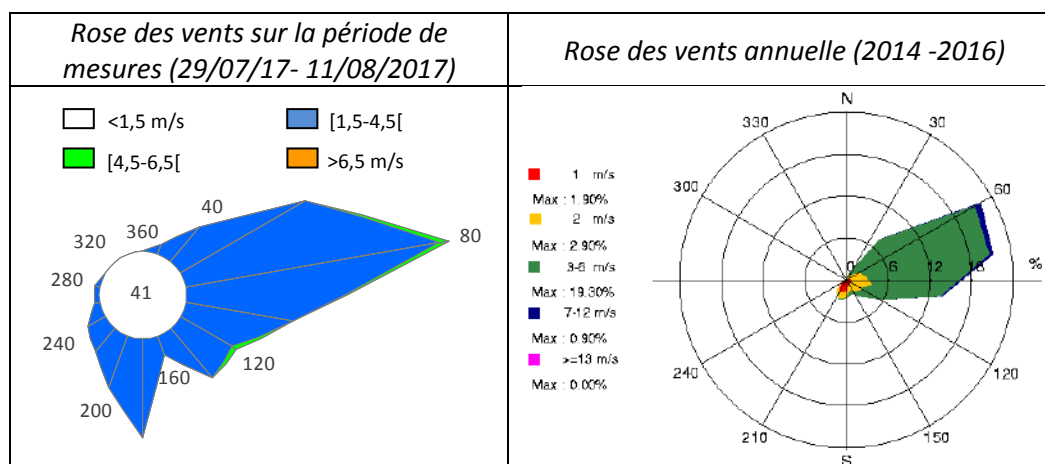
6.2.1.2 Conditions météorologiques pendant la campagne

La campagne de mesure se caractérise par des températures représentatives des normales saisonnières. Des précipitations assez faibles ont été observées durant la campagne, à l'exception des 3 et 6 août.



Pendant la campagne, la rose des vents présente une composante majoritaire est/nord-est, représentative des normales, validant ainsi les conditions d'exposition recherchées. Des vitesses de vent faibles ont été relevées durant la campagne ; ces conditions caractérisent une dispersion lente de la pollution atmosphérique, favorable à un impact important sur les points de mesure.

Figure 26 : roses des vents sur la campagne de mesure



6.2.1.3 Résultats des concentrations en air ambiant

Le tableau suivant présente les résultats obtenus au niveau des cinq points de mesures.

Tableau 32 : résultats de mesures

Composés (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Point P1	Point P2	Point P3	Point P4	Point P5
Dioxyde d'azote (NO_2)	7,5	0,8	0,3	0,7	0,5
SO_2	0,9	0,7	<0,6	<0,6	<0,6
Benzène	0,09	0,07	0,05	0,22	0,22
1,2-dichloroethane	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
H_2S	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Particules PM_{10}	33,4	49,2	27,6	NQ*	NQ*

* Non Quantifiable : saturation des capteurs par la présence de nids d'oiseaux dans la tête de prélèvement

6.2.2 Comparaison avec l'environnement local témoin

Pendant la campagne de mesure de juillet 2017, les vents venaient majoritairement d'est. Ces conditions placent davantage les points P3 et P4 sous l'impact des rejets atmosphériques du projet. Le point de mesure P5 est situé au nord du site, hors des vents dominants. Il peut être considéré comme un point local témoin (non influencé par le site mais non exempt de pollution en provenance d'autres sources). L'état du milieu Air est donc interprété relativement à ce point pour l'ensemble des polluants étudiés.

Tableau 33 : comparaison avec l'environnement local témoin

Substance	Concentration moyenne mesurée dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Interprétation de l'état du milieu « Air »
	Environnement local témoin (P5)	Points sous les vents dominants (P3 & P4)	
Dioxyde d'azote (NO_2)	0,5	0,5	Milieu non dégradé
SO_2	<0,6	<0,6	Milieu non dégradé
Benzène	0,22	0,135	Milieu non dégradé
1,2-dichloroethane	<0,01	<0,01	Milieu non dégradé
H_2S	<0,2	<0,2	Milieu non dégradé
Particules PM_{10}	NQ*	27,6	Pas de comparaison possible

* Non Quantifiable : saturation des capteurs par la présence de nids d'oiseaux dans la tête de prélèvement

La comparaison des résultats des mesures au niveau des points exposés aux futurs rejets atmosphériques du projet sous les vents dominants montre que les concentrations rencontrées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées au niveau du point local témoin.

Pour les particules PM10, il n'est pas possible de conclure, les échantillons prélevés au niveau du point témoin n'étant pas exploitables.

Conformément à la démarche préconisée par l'INERIS, Il est donc nécessaire de comparer les résultats avec les valeurs réglementaires de gestion disponibles pour le milieu Air afin de vérifier la compatibilité avec les usages.

A noter que les concentrations mesurées en amont du projet peuvent être plus élevées que celles mesurées en aval, notamment pour les particules PM10.

6.2.3 Comparaison aux valeurs réglementaires de gestion

Le Tableau 34 indique ces valeurs réglementaires pour l'air ambiant et le Tableau 35 compare la concentration moyenne mesurées au niveau des points des mesures sous les vents dominants.

Tableau 34 : synthèse des valeurs réglementaires pour l'air ambiant

Substance	Valeur réglementaire retenue	Source
Benzène	Objectif de qualité : 2 µg/m ³ Valeur limite : 5 µg/m ³	Normes françaises de qualité de l'air (Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010)
PM10	Objectif de qualité : 30 µg/m ³ Valeur limite : 40 µg/m ³	Normes françaises de qualité de l'air (Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010)
NO₂	Objectif de qualité : 40 µg/m ³	Normes françaises de qualité de l'air (Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010)
SO₂	Objectif de qualité : 50 µg/m ³	Normes françaises de qualité de l'air (Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010)
H₂S	Valeur guide : 150 µg/m ³	Pas de valeur réglementaire. Valeur guide de l'OMS en moyenne journalière
1,2 dichloroéthane	Valeur guide : 700 µg/m ³	Pas de valeur réglementaire. Valeur guide de l'OMS en moyenne journalière

Tableau 35 : compatibilité avec les usages pour le milieu Air

Substance	Concentration moyenne des points sous les vents dominants (P3 & P4) (µg/m ³)	Comparaison avec les valeurs réglementaires	Compatibilité avec les usages
Benzène	0,135	C < Créf Milieu non dégradé	Compatible avec les usages
PM10	27,6	C < Créf	Compatible avec les usages
NO₂	0,5	C << Créf Milieu non dégradé	Compatible avec les usages
SO₂	<0,6	C << Créf Milieu non dégradé	Compatible avec les usages
1,2-dichloroéthane	<0,01	C << Créf Milieu non dégradé	Compatible avec les usages
H₂S	<0,2	C << Créf Milieu non dégradé	Compatible avec les usages

Les concentrations mesurées aux points exposés aux futurs rejets atmosphériques du projet sous les vents dominants sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises relative à la qualité de l'air, ou aux valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé. **Le milieu Air est donc compatible avec les usages.**

Cependant, les concentrations de fond en particules PM10 restent élevées et peuvent parfois dépasser les valeurs réglementaires de la qualité de l'air dans la zone d'étude (points P1 et P2 en amont du projet) ou en ville (stations de mesure de l'Observatoire Régional de l'Air, voir paragraphe 4.4.2.2). Ces particules, principalement dues aux brumes du Sahara, sont les polluants présentant le principal enjeu sanitaire dans le domaine de la qualité de l'air pour la Guyane.

6.3 CONCLUSION

Le milieu « Air » est compatible avec tous les usages pour toutes les substances recensées dans l'inventaire des émissions atmosphériques du projet. Cependant, les concentrations de fond en particules PM10 restent élevées, principalement dues aux brumes du Sahara.

En l'absence de mesures dans les sols, il n'est pas possible de conclure sur la compatibilité du milieu Sol avec les usages qui en sont faits.

L'évaluation quantitative des risques sanitaires (cf. paragraphe 7) **permettra d'estimer l'apport supplémentaire que le pôle environnemental de Wayabo pourrait générer** sur la zone au niveau des concentrations dans l'air et **d'évaluer les risques pour les populations, notamment en intégrant l'exposition par ingestion (transfert vers la chaîne alimentaire).**

7. EVALUATION PROSPECTIVE DES RISQUES SANITAIRES

7.1 CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE, IDENTIFICATION DES DANGERS ET RELATIONS DOSE-REPONSE

7.1.1 Substances émises par le site

Le recensement des sources d'émission et des substances émises (cf. paragraphe 3.1.1) a permis de quantifier les émissions dans l'air pour les substances présentées dans le Tableau 36.

Tableau 36 : substances recensées sur le site

Nom	N°CAS	Formule chimique
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	H ₂ S
Benzène	71-43-2	C ₆ H ₆
1,2 dichloroéthane	107-06-2	C ₂ H ₄ Cl ₂
Poussières	-	-
Oxydes d'azote (NO _x éq NO ₂)	10102-44-0	NO ₂
Benzo(a)pyrène	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂
Dioxyde de soufre	7446-09-5	SO ₂
Monoxyde de carbone	630-08-0	CO
Acide chlorhydrique	7647-01-0	HCl
Acide fluorhydrique	7664-39-3	HF
Formaldéhyde	50-00-0	CH ₂ O
Métaux :		
Mercure	7439-97-6	Hg
Arsenic	7440-38-2	As
Cadmium	7440-43-9	Cd
Chrome	7440-47-3	Cr
Manganèse	7439-96-5	Mn
Nickel	7440-02-0	Ni
Plomb	7439-92-1	Pb
Thallium	7440-28-0	Tl
Zinc	7440-66-6	Zn

7.1.2 Identification des dangers

L'étape d'identification des dangers présente la toxicité des composés émis par les installations. Il est rapporté les effets sur la santé et en particulier le risque cancérigène et les différentes voies d'exposition.

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques et chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. **Dans le cadre de la présente évaluation de risques sanitaires, seule l'exposition chronique sera étudiée.**

A partir de données trouvées dans la littérature, le Tableau 38 présente, pour l'ensemble des composés inventoriés, les voies d'exposition principales, les dangers possibles, ainsi que la classification du caractère cancérigène pour l'OMS/CIRC, l'EPA et l'Union Européenne (réglementation européenne CLP). Le Tableau 37 rappelle la définition des différentes classifications.

Les oxydes d'azote sont assimilés au dioxyde d'azote (NO₂), substance présentant le plus d'intérêt du point de vue toxicologique.

Tableau 37 : classifications CIRC, US-EPA et Union Européenne pour les effets cancérogènes

CIRC - OMS	US EPA	Union Européenne
1 : cancérogènes pour l'homme	A : cancérogènes pour l'homme (preuves suffisantes chez l'homme)	1A : Substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré.
2A : cancérogènes probables pour l'homme (preuves limitées chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	B1 : cancérogènes probable pour l'homme (preuves limitées chez l'homme)	1B : Substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé.
	B2 : cancérogènes probable pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	
2B : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme, suffisantes ou limitées chez l'animal)	C : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme et limitées chez l'animal)	
3 : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme	D : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme et chez l'animal)	2 : Substances suspectées d'être cancérogènes pour l'homme.
	E : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal	
4 : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal		

Tableau 38 : identification des dangers par substances

Nom	N°CAS	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité		
				CIRC	EPA	UE
1,2 dichloroéthane	107-06-2	Système respiratoire, foie	Inhalation, Ingestion	2B	B2	1B
H₂S	7783-06-4	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Benzène	71-43-2	Système sanguin et immunitaire	Inhalation	1	A	1A
Dioxyde d'azote (NO₂)	10102-44-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Système respiratoire, estomac	Inhalation, Ingestion	1	B2	1B
Poussières	nd	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Dioxyde de soufre (SO₂)	7446-09-5	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Acide chlorhydrique (HCl)	7647-01-0	Système respiratoire	Inhalation	3	-	-
Acide fluorhydrique (HF)	7664-39-3	Os	Inhalation	-	-	-
Formaldéhyde	50-00-0	Système respiratoire	Inhalation	1	B1	1B
Métaux						
Cadmium (Cd)	7440-43-9	Rein, Poumons	Inhalation, Ingestion	1	B1	1B
Mercure (Hg)	7439-97-6	système nerveux, reins, développement	Inhalation, Ingestion	Inorganique		
				3	D	-
				organique		
				2B	-	-
Arsenic (As)	7440-38-2	Développement, Système nerveux, Poumons, peau	Inhalation, Ingestion	1	A	1A*

Nom	N°CAS	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité		
				CIRC	EPA	UE
Nickel (Ni)	7440-02-0	système respiratoire, développement	Inhalation, Ingestion	2B	Ni ₃ S ₂ : A	2
Chrome III (Cr III)	7440-47-3	rein	Inhalation, Ingestion	3	D	1B
Chrome VI (Cr VI)	7440-47-3	système respiratoire, estomac	Inhalation, Ingestion	1	A (inh.) D (ing.)	1A
Manganèse (Mn)	7439-96-5	système nerveux	Inhalation, Ingestion	-	D	-
Plomb (Pb)	7439-92-1	Système hématologique, système nerveux	Inhalation, Ingestion	2B	B2	1B*
Thallium (Tl)	7440-28-0	<i>peu des données toxicologiques disponibles</i>		-	-	-
Zinc (Zn)	7440-66-6	Système sanguin	Inhalation, Ingestion	-	D	-

* pour certains composés

7.1.3 Etude des relations dose-réponse

7.1.3.1 Définitions

La définition des relations dose-réponse consiste à recueillir dans la littérature l'ensemble des valeurs établissant une relation entre une dose d'exposition et les effets (ou probabilités d'effets) observés.

Ces relations dose-réponse regroupées sous le terme de **valeur toxicologique de référence (VTR)** permettent de caractériser deux mécanismes d'action des toxiques :

- **les toxiques à effets à seuil** pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque et dont la gravité des effets est proportionnelle à la dose.
- **les toxiques à effets sans seuil** tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) ont été définis. Ils correspondent à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m³ (durant toute sa vie¹⁵ et 24h/24) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Un ERU à 10⁻⁵ signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à 1 µg/m³ aurait une probabilité supplémentaire par rapport au risque de base de 0,00001 de contracter un cancer ou bien, en d'autres termes, que si 100 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Il n'existe pas de valeur seuil sans risque pour les composés à effets sans seuil.

7.1.3.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Pour chaque substance sélectionnée précédemment, des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ont été recherchées auprès des différentes instances internationales suivantes :

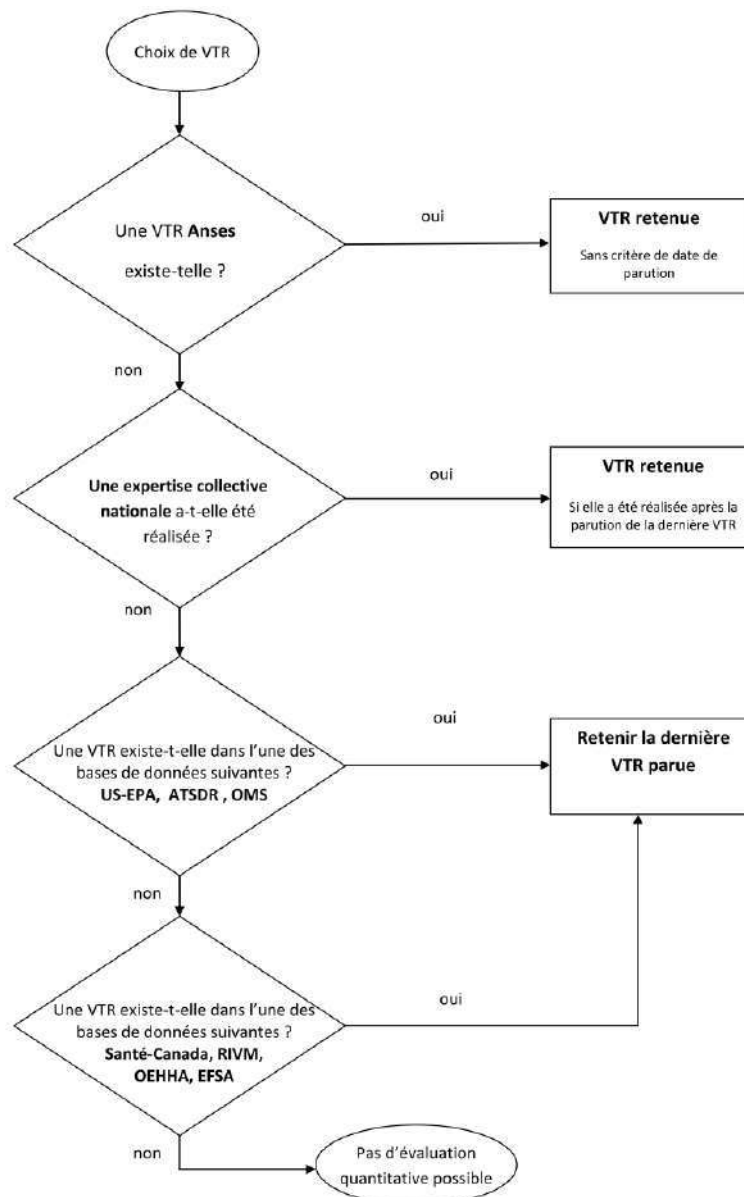
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)

¹⁵ conventionnellement prise égale à 70 ans

- Environmental Protection Agency (US-EPA)
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS/IPCS)
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR)
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA)
- Santé Canada (Health Canada)
- National Institute of Public Health and the Environment (RIVM)
- European Food Safety Authority (EFSA)

Dans l'objectif de simplifier les modalités de **sélection des VTR** et par la même la vérification des dossiers par les services de l'Etat, la **Direction Générale de la Santé** a demandé, par une note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014), de sélectionner la VTR en suivant le logigramme de la Figure 27 lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition. Nous appliquerons ces modalités dans le choix des VTR dans le présent rapport.

Figure 27 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)



7.1.3.3 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Le Tableau 39 présente pour chaque substance recensée la disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence dans la littérature consultée.

Pour les substances gazeuses, seule la voie par inhalation est étudiée. Les VTR par ingestion ne sont donc pas recherchées pour ces substances.

Tableau 39 : disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence (exposition chronique)

Nom	N°CAS	VTR à seuil		VTR sans seuil	
		Voie respiratoire	Voie digestive	Voie respiratoire	Voie digestive
1,2 dichloroéthane	107-06-2	x		x	
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)	7783-06-4	x			
Benzène	71-43-2	x		x	
Dioxyde d'azote (NO ₂)	10102-44-0				
Benzo(a)pyrène	50-32-8	x	x	x	x
Poussières	-				
Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0				
Dioxyde de soufre (SO ₂)	7446-09-5				
Acide chlorhydrique (HCl)	7647-01-0	x			
Acide fluorhydrique (HF)	7664-39-3	x			
Formaldéhyde	50-00-0	x		x	
Cadmium (Cd)	7440-43-9	x	x	x	
Mercuré (Hg)	7439-97-6	x	x		
Arsenic (As)	7440-38-2	x	x	x	x
Nickel (Ni)	7440-02-0	x	x	x	
Chrome III (Cr III)	7440-47-3	x	x		
Chrome VI (Cr VI)	7440-47-3	x	x	x	x
Manganèse (Mn)	7439-96-5	x	x		
Plomb (Pb)	7439-92-1	x	x	x	x
Thallium (Tl)	7440-28-0				
Zinc (Zn)	7440-66-6		x		

Cases grisées : VTR par ingestion non recherchée car substance gazeuse (risque par voie respiratoire uniquement)

NO₂, SO₂, poussières (PM₁₀) : la littérature ne fournit pas de VTR pour ces substances, il n'existe que des valeurs guides de l'OMS. Comme le rappelle la note d'information de la DGS (octobre 2014), l'évaluateur doit s'abstenir d'utiliser des valeurs guides de qualité des milieux. Ces substances ne sont donc pas retenues comme traceur de risque. Seules les concentrations dans l'air sont comparées aux valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé. Le Tableau 40 présente les valeurs guides retenues pour les poussières, les NO_x et le SO₂ en l'absence de VTR.

Monoxyde de carbone, Thallium : la littérature ne fournit pas de VTR pour ces substances. Elles ne seront donc pas retenues dans le cadre de l'ERS.

Arsenic : les Valeurs Toxicologiques de Référence sont données pour l'arsenic inorganique, forme la plus toxique de l'arsenic. Faute d'information sur la spéciation de l'arsenic à l'émission, l'arsenic total a été assimilé à de l'arsenic inorganique, hypothèse majorante.

Cadmium : l'ANSES a élaboré deux VTR à seuil par inhalation : l'une pour des effets cancérigènes, et l'autre pour des effets non cancérigènes. Conformément aux choix de l'INERIS, nous retiendrons ces deux VTR pour les deux effets mentionnés.

Chrome : le chrome est présent en faible quantité dans le biogaz. Il peut se retrouver dans les gaz en sortie des moteurs. D'après un document de l'AFSSET¹⁶, il semble que, lors de la combustion, la plus grande partie du chrome se retrouve à l'état de Cr₂O₃ (forme +III moins toxique que la forme +VI). D'ailleurs, le guide de l'ASTEE relatif aux installations de stockage de déchets¹⁷ écarte le chrome VI comme traceur de risque. Pour ces différentes raisons, le chrome sera assimilé à du chrome III dans la suite de l'étude.

Arsenic : les Valeurs Toxicologiques de Référence sont données pour l'arsenic inorganique, forme la plus toxique de l'arsenic. Faute d'information sur la spéciation de l'arsenic à l'émission, l'arsenic total a été assimilé à de l'arsenic inorganique, hypothèse majorante.

Mercure : l'importance des travaux sur le mercure permet de savoir que le mercure émis dans l'atmosphère va passer sous forme organique ou inorganique dans les sols et dans les végétaux, dans des proportions différentes. Il est possible de distinguer les risques spécifiquement liés à chacune des formes de mercure car il existe des VTR spécifiques. La forme organique (méthylmercure en particulier) est plus toxique, par ingestion, que la forme inorganique.

Formaldéhyde : Une VTR chronique à seuil par inhalation est proposée par l'ANSES fondée sur l'irritation oculaire prise comme effet critique pour l'élaboration de la VTR, mais protégeant des effets cancérigènes au niveau du nasopharynx considérés par l'ANSES comme un effet à seuil. Les VTR disponibles pour les effets sans seuil par les autres bases de données ne seront donc pas prises en compte, la VTR de l'ANSES protégeant à la fois des effets systémique et cancérigène du formaldéhyde.

Les fiches toxicologiques pour chaque substance sont présentées en Annexe 7.

A partir des VTR disponibles dans la littérature consultée, les Tableau 41 et Tableau 42 résument les VTR retenues pour cette étude.

¹⁶ « Risques sanitaires du biogaz – Evaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le gaz naturel », avis de l'AFSSET, rapport d'expertise collective, octobre 2008

¹⁷ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005

Tableau 40 : valeurs guides

Composé	Voie d'exposition	Valeurs guides	Source et Date	Organe cible / Effets critiques	Type d'étude
NO ₂	Inhalation	40 µg/m ³ (valeur guide moyenne annuelle)	OMS 2005	Système respiratoire	Homme
PM ₁₀	Inhalation	20 µg/m ³ (valeur guide moyenne annuelle)	OMS 2005	Système respiratoire	Homme
SO ₂	Inhalation	50 µg/m ³ valeur guide moyenne annuelle)	OMS 2000	Appareil respiratoire	Homme

Tableau 41 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
H ₂ S	Inhalation	Système respiratoire	-	2 µg/m ³	EPA	2003	Pas de VTR ANSES. Expertise collective (INERIS, 2011)
HCl	Inhalation	Système respiratoire	Hyperplasie de la muqueuse nasale	20 µg/m ³	US-EPA	1995	Pas de VTR ANSES ni d'expertise. Seule VTR dans les bases ATSDR, EPA, OMS
HF	Inhalation	Os	Fluorose	14 µg/m ³	OEHHA	2003	Pas de VTR ANSES ni d'expertise. Choix INERIS 2011
Formaldéhyde	Inhalation	Système respiratoire	Irritation oculaire	123 µg/m ³	ANSES	2017	VTR ANSES prioritaire
1,2 dichloroéthane	Inhalation	Système hépatique (foie)	-	3 000 µg/m ³	ATSDR	2001	Pas de VTR ANSES ni d'expertise. Seule VTR dans les bases ATSDR, EPA, OMS
Benzène	Inhalation	Système immunitaire	-	10 µg/m ³	ATSDR	2007	Valeur retenue par l'ANSES en 2008
Arsenic	Inhalation	Développement, système nerveux, peau	Diminution des fonctions intellectuelles	0,015 µg/m ³	OEHHA	2008	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)
	Ingestion	Peau	lésions cutanées	4,5. 10 ⁻⁴ mg/kg/j	FoBiG ¹⁸	2009	

¹⁸ FoBiG : Institut de recherche et de conseil pour les substances dangereuses, Allemagne

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
Cadmium	Inhalation (Effets non cancérigènes)	Reins	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale	0,45 µg/m ³	ANSES	2012	VTR ANSES prioritaire
	Inhalation (Effets cancérigènes)	Système respiratoire	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires	0,3 µg/m ³	ANSES	2012	VTR ANSES prioritaire
	Ingestion	Reins	-	3,6.10 ⁻⁴ mg/kg/j	EFSA	2011	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2014)
Chrome III	Inhalation	Système respiratoire	Inflammation chronique des poumons et l'hyperplasie des cellules septales	5 µg/m ³	ATSDR	2012	Choix INERIS 2017
	Ingestion	-	Pas d'effet observé	1,5 mg/kg/j	EPA	1998	Choix INERIS 2017
Nickel	Inhalation	Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	0,09 µg/m ³	ATSDR	2005	Expertise collective : choix INERIS (2017)
	Ingestion	Développement	Effets reprotoxiques	2,8.10 ⁻³ mg/kg/j	EFSA	2015	Expertise collective : choix INERIS (2017)
Manganèse	Inhalation	Système nerveux	Coordination œil-main anormale	0,3 µg/m ³	ATSDR	2012	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
	Ingestion	Système nerveux	-	0,14 mg/kg/jour	EPA	1996	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques juillet 2012)
Mercure	Inhalation	Système nerveux	Troubles de la mémoire, tremblement	0,03 µg/m ³	OEHHA	2008	Expertise collective : choix INERIS (2014)
	Ingestion	Reins	-	Mercure inorganique : 6,6.10 ⁻⁴ mg/kg/j	INERIS	2013	Expertise collective : choix INERIS (2014)
	Ingestion	Développement	-	Méthylmercure : 1.10 ⁻⁴ mg/kg/j	EPA	2001	Expertise collective : choix INERIS (2014)
Plomb	Inhalation	Système sanguin, système nerveux	Plombémie	0,9 µg/m ³	ANSES	2013	Choix ANSES 2013
	Ingestion	Systèmes nerveux et rénal	Plombémie protégeant l'ensemble de la population de la toxicité rénale	6,3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (valeur dérivée par l'ANSES de la valeur de 15 µg/L)	ANSES	2013	

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
Zinc	Ingestion	Système sanguin	-	0,3 mg/kg/j	EPA ATSDR	2005 2005	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
Benzo(a)pyrène	Inhalation	Développement	Baisse de survie des embryons	$2.10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	2017	VTR parue après l'expertise collective (INERIS 2006) et celle de l'ANSES (2010)
	Ingestion	Développement	Changement comportemental	$3.10^{-4} \text{mg}/\text{kg}/\text{j}$	EPA	2017	VTR parue après l'expertise collective (INERIS 2006) et celle de l'ANSES (2010)

Tableau 42 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
1,2 dichloroéthane	Inhalation	Seins	Augmentation des incidences des tumeurs des glandes mammaires	$3,4.10^{-6} (\mu\text{g}.\text{m}^{-3})^{-1}$	ANSES	2009	VTR ANSES prioritaire
Benzène	Inhalation	Système sanguin	Leucémie	$2,6.10^{-5} (\mu\text{g}.\text{m}^{-3})^{-1}$	ANSES	2013	VTR ANSES prioritaire
Benzo(a)pyrène	Inhalation	Système respiratoire, estomac	Tumeurs des voies respiratoires, de l'œsophage et de l'estomac	$6.10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	EPA	2017	VTR parue après l'expertise collective (INERIS 2006) et celle de l'ANSES (2010)
	Ingestion	Estomac	Cancer	$1,0 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	EPA	2017	VTR parue après l'expertise collective (INERIS 2006) et celle de l'ANSES (2010)
Nickel	Inhalation	Poumons	Cancer	$2,6.10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA	2011	Expertise collective : choix INERIS (2017)
Plomb	Inhalation	Poumons	Cancer	$1,2.10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA	2005	Expertise collective : choix INERIS 2013
	Ingestion	Reins	Cancer	$8,5.10^{-3} (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHA	2005	Seule VTR disponible + choix INERIS 2013
Arsenic	Inhalation	Poumons	Cancer	$1,5.10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	TCEQ	2012	Expertise collective : choix ANSES (2015)
	Ingestion	Peau	Cancer	$1,5 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	EPA	1998	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)

7.1.4 Choix des traceurs de risque

Conformément à la démarche décrite dans le guide INERIS 2013 et aux pratiques courantes, les traceurs de risque sont choisis en fonction des émissions, des toxicités des substances émises, des concentrations dans l'environnement, des classements des ratios des émissions divisées par les VTR pour les effets à seuil.

Les critères de choix suivants sont définis :

- toutes les substances présentant des risques cancérogènes sont retenues ;
- application de la méthode des scores (démarche classiquement utilisé notamment par l'INERIS) aux émissions du site. Le ratio « flux à l'émission divisé par la VTR » est calculé :
 - toutes les substances pour lesquelles le ratio est supérieur à 10% du ratio le plus élevé sont retenues ;
 - les substances pour lesquelles les ratios sont inférieurs à 1% du ratio le plus élevé sont écartées ;
 - les substances pour lesquelles le ratio est compris entre 1 et 10% sont retenues selon les résultats de l'étude de l'état des milieux (cf. paragraphe 6).

Le classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR est présenté dans le Tableau 43 ainsi que le choix (retenu/non retenu) effectué. Pour chaque voie (ingestion ou inhalation) apparaisse :

- sur fond rouge : les scores supérieurs à 10% du score maximal ;
- sur fond vert : les scores inférieures à 1% du score maximal.

Tableau 43 : classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR

Substances	Substance cancérogène	Emissions en kg/h	VTR à seuil		Score Emissions/VTR à seuil		Retenu	
			Inhalation	Ingestion	Inhalation	Ingestion		
Sulfure d'hydrogène	NON	8.41E-02	2	-	4.20E-02	-	Oui ⇒	Traceur retenu par le guide ASTEE
Benzène	OUI	3.06E-02	10	-	3.06E-03	-	Oui ⇒	cancérogène
1,2 dichloroéthane	OUI	6.89E-03	3000	-	2.30E-06	-	Oui ⇒	cancérogène
Acide chlorhydrique	NON	4.82E-02	20	-	2.41E-03	-	Non ⇒	score < 1% du score max
Acide fluorhydrique	NON	1.10E-02	14	-	7.85E-04	-	Non ⇒	score < 1% du score max
Formaldéhyde	OUI	8.87E-01	123	-	7.21E-03	-	Oui ⇒	cancérogène
Benzo(a)pyrène	OUI	5.92E-03	2.00E-03	3.00E-04	2.96E+00	1.97E+01	Oui ⇒	cancérogène
Cadmium	OUI	2.96E-03	0.3	3.60E-04	9.86E-03	8.22E+00	Oui ⇒	cancérogène
Mercuré	NON	2.96E-03	0.03	1.00E-04	9.86E-02	2.96E+01	Oui ⇒	Score > 10% du score max par ingestion
Arsenic	OUI	5.92E-02	0.015	4.50E-04	3.94E+00	1.31E+02	Oui ⇒	cancérogène
Plomb	OUI	5.92E-02	0.9	6.30E-04	6.57E-02	9.39E+01	Oui ⇒	cancérogène
Chrome III	NON	2.72E-02	5	1.5	5.44E-03	1.81E-02	Non ⇒	score < 1% du score max
Manganèse	NON	1.18E-03	0.3	0.14	3.94E-03	8.45E-03	Non ⇒	score < 1% du score max
Nickel	OUI	5.92E-03	0.09	2.80E-03	6.57E-02	2.11E+00	Oui ⇒	cancérogène
Zinc	NON	1.15E+00	-	0.3	-	3.82E+00	Non ⇒	score < 5% du score max

score < 1% du score max	1% < score < 10% du score max	score > 10% du score max	Pas de VTR disponible pour cette voie
-------------------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Parmi les substances retenues, les trois substances retenues comme traceurs de risque par le guide de l'ASTEE relatif aux installations de stockage de déchets¹⁹ sont conservés à savoir le sulfure d'hydrogène, le 1,2 dichloroéthane et le benzène.

¹⁹ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005

Les substances retenues comme traceurs de risques sont donc les suivantes :

- **Sulfure d'hydrogène (H₂S),**
- **Benzène,**
- **1,2 dichloroéthane,**
- **Benzo(a)pyrène,**
- **Formaldéhyde,**
- **Les métaux lourds suivants :**
 - **Cadmium,**
 - **Mercure,**
 - **Arsenic,**
 - **Plomb,**
 - **Nickel.**

Les NO_x, le SO₂ et les poussières sont également retenus car ce sont des traceurs traditionnels pour les installations de combustion. Cependant, ils ne feront pas l'objet de calculs des risques car les valeurs guides (OMS) utilisées pour évaluer l'impact sur la santé sont des valeurs de gestion et non des valeurs toxicologiques. Les concentrations modélisées seront simplement comparées à ces valeurs guides.

7.2 ETUDE DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

Afin d'estimer les concentrations et dépôts dans l'environnement **attribuables aux installations du site**, une étude de dispersion a été réalisée pour les traceurs de risques retenus (cf. paragraphe 7.1.4).

7.2.1 Données d'entrée

7.2.1.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude retenu est un carré de 7 km de côté centré sur le pôle environnemental. Il intègre le rayon de 3 km autour des limites du site.

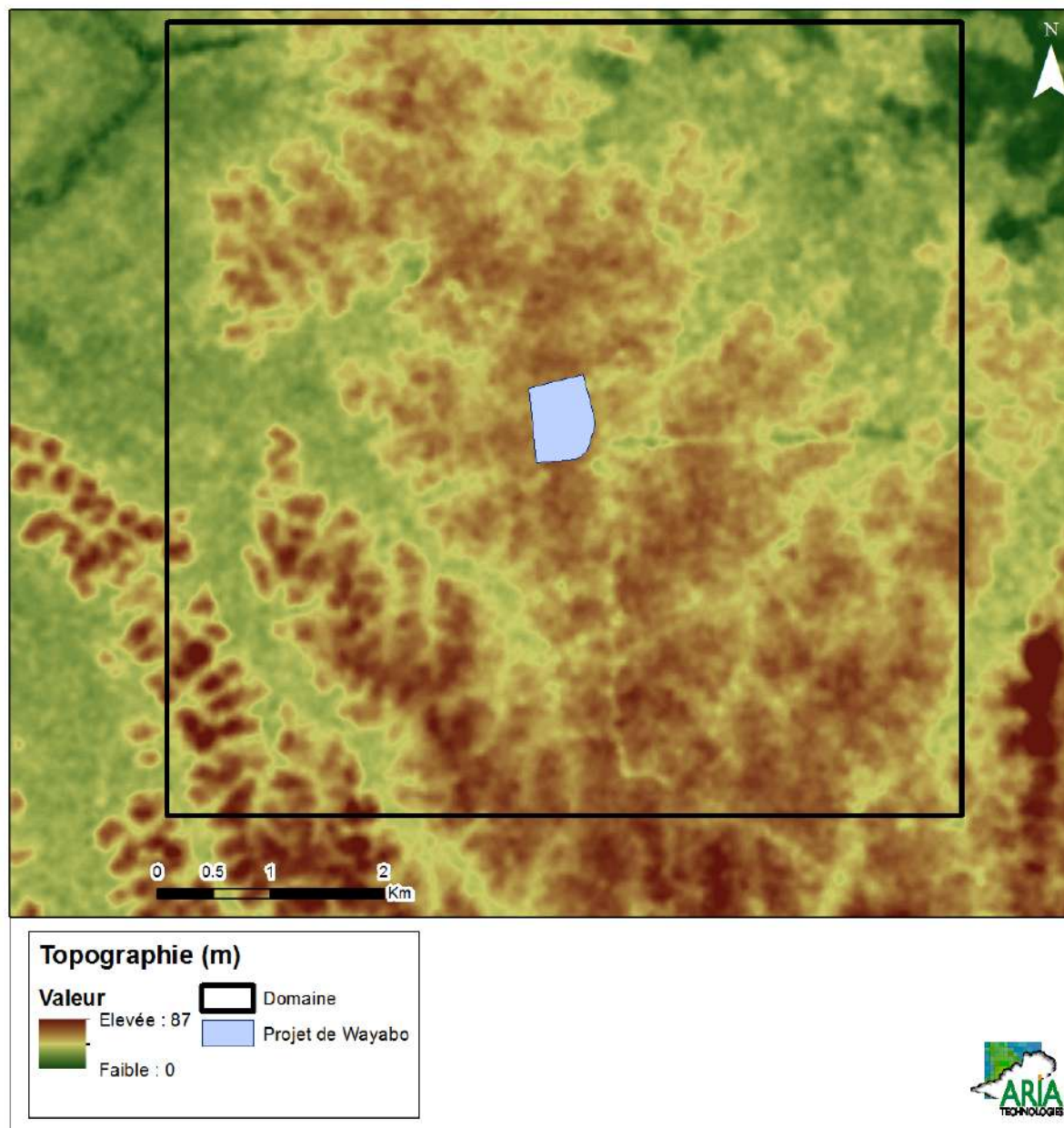
Figure 28 : carte du domaine d'étude



7.2.1.2 Topographie

La topographie est issue d'un Modèle Numérique de Terrain au pas de 30 mètres (OpenTopography Raster System). La Figure 29 présente une vue 2D de la topographie sur le domaine d'étude. L'unité est le mètre NGF (Nivellement Général de la France). La topographie est relativement plate : elle est comprise entre 0 et 87 mètres sur la zone d'étude.

Figure 29 : topographie du domaine d'étude (source : OpenTopography Raster System)



7.2.1.3 Météorologie

Les données météorologiques proviennent de la station Météo-France de Cayenne-Matoury pour les mesures de vent (direction et vitesse), de température, de pluie et de nébulosité. Cette station est située à environ 34 km au sud-est du pôle environnemental.

Les données météorologiques utilisées sont des mesures horaires (1 mesure toutes les heures). Ce fichier comporte trois années de mesures : du 01/01/2015 au 31/12/2017. Ce choix correspond aux recommandations des instances administratives (DREAL, DDASS) : en effet, l'INERIS conseille d'utiliser des données horaires ou tri-horaires sur 3 ans minimum dans son guide méthodologique relatif aux évaluations des risques sanitaires²⁰.

L'analyse détaillée de ces données est présentée au paragraphe 4.3. La Figure 30 rappelle la rose des vents de la station de Cayenne-Matoury sur les trois années retenues pour cette étude.

Station Cayenne-Matoury (du 01/01/2015 au 31/12/2017)

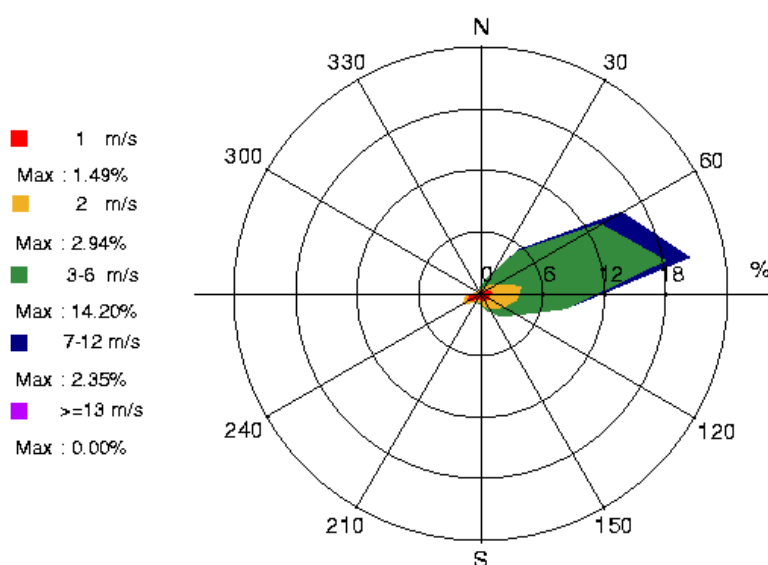


Figure 30 : roses des vents

7.2.1.4 Emissions

Les émissions prises en compte correspondent aux émissions présentées au paragraphe 3.1.3.

²⁰ « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, août 2013

7.2.2 Détermination des concentrations dans l'air et des dépôts au sol

7.2.2.1 Présentation du logiciel de dispersion et paramétrages

7.2.2.1.1 Présentation générale du logiciel

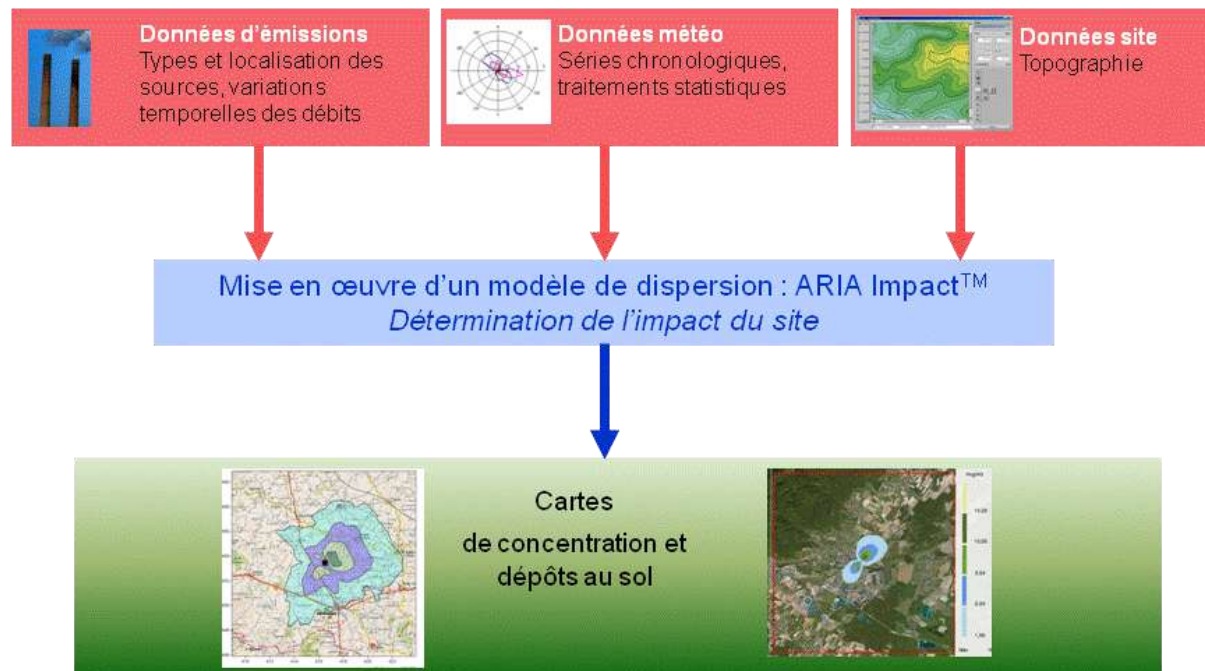
Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel ARIA Impact, version 1.8. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations de polluant secondaires tel que l'ozone.

Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Par ailleurs, ARIA Impact est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013).

Une description détaillée du modèle est présentée en Annexe 2.

Le diagramme ci-dessous schématise la méthodologie.



7.2.2.1.2 Paramétrages du modèle de dispersion

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- un modèle de dispersion selon les écarts-types de Pasquill (modèle standard adapté pour les sites ruraux) ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées suivant la formulation de Briggs ;
- le calcul des dépôts au sol et un lessivage du panache par la pluie ;
- une maille de calcul de 50 mètres ;
- les émissions présentées au paragraphe 3.1.3.

7.2.2.1.2.1 Calcul des dépôts au sol

Concernant les calculs de dépôts au sol, les calculs prennent en compte les dépôts sec et humide sur le sol conduisant à un appauvrissement du panache.

- **Dépôts secs** : les particules très fines et les gaz se déposent sur les surfaces par divers processus biologiques, chimiques et physiques. Le paramètre qui influence les dépôts secs est la vitesse de dépôt, exprimée en m/s. Cette vitesse permet de tenir compte de la capacité du sol à retenir le polluant qui se dépose. Ces vitesses ont fait l'objet de plusieurs recherches et plusieurs références bibliographiques existent sur ces données.
- **Dépôts humides** : les dépôts humides correspondent aux dépôts de polluant au sol entraînés par la pluie. Les calculs de dispersion qui intègrent le lessivage par la pluie prennent en compte un coefficient de lessivage exprimé en s^{-1} , correspondant à la proportion du polluant qui est entraîné par la pluie pendant 1 seconde.

7.2.2.1.2.2 Caractéristiques des espèces

Le Tableau 44 résume les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude pour le calcul des dépôts.

Tableau 44 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des espèces étudiées

Polluant	Phase du polluant	Vitesse de dépôt sec (m/s)	Coefficient de lessivage (s^{-1})	Diamètre de particules	Source biblio.
NOx, H₂S	Gaz	0	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0	-
SO₂	Gaz	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0	[1]
PM10	Particules	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	10	[3]
Benzène, COV	Gaz	0	$1,0 \cdot 10^{-5}$	0	-
Benzo(a)pyrène	Particules	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	1,3	[4]
Cadmium	Particules	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$	5	[2]
Nickel	Particules	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	5	[2]
Arsenic	Particules	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	5	[2]
Plomb	Particules	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	5	[2]
Mercuré	Gaz	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	-	[2]

[1] « Empirical atmospheric deposition parameters – a survey », T.A. McMahon, P. J. Denison, Atmospheric Environment Vol 13 (1979), 571-585.

[2] WGE RIVM report n° 259101011/2002 : Preliminary modelling and mapping of critical loads for cadmium and lead in Europe JP Hettelingh, J. Slootweg, M. Posch (eds.) S. Dutchak, I Ilyin

[3] Underwood, AEA Technology, Harwell, 2001 : Review of Deposition Velocity and washout coefficient

[4] "Atmospheric particle size distributions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their implications for wet and dry deposition", Heike Kaupp, Mickael S. McLachlan, Atmospheric Environment Vol 33 (1999), 85-95

7.2.2.2 Présentation des résultats

Les résultats sont exprimés sous forme de :

- concentrations en moyenne annuelle ;
- dépôts au sol pour les espèces particulières.

Les résultats de l'étude sont donnés sous forme de cartes et de tableaux. Ces résultats ne concernent que la contribution des rejets étudiés. L'unité retenue pour exprimer les concentrations de polluant dans l'air dans ce rapport est le $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽²¹⁾ et le $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ pour les dépôts au sol.

Les résultats sont également présentés au niveau de points cibles (premières habitations autour du site) présentés sur la Figure 31.

Figure 31 : localisation des points cibles



Point	Nom
1	Habitations sud-est
2	Habitations est
3	Habitations nord-est
4	Habitations sud-ouest
5	Habitations nord-ouest

²¹ microgramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \mu\text{g} = 1.10^{-6} \text{ g}$

7.2.2.3 Réglementation de la qualité de l'air

Dans le cadre de cette étude, seules les concentrations en moyenne annuelle sont calculées. Ces grandeurs sont comparables aux valeurs réglementaires de qualité de l'air exprimées en moyenne annuelle uniquement. Le Tableau 45 rappelle ces valeurs réglementaires pour la qualité de l'air²² (cf. paragraphe 4.4).

Tableau 45 : réglementation en vigueur en France pour la santé humaine

Substances	Réglementation française	
	Objectif de qualité	Valeur limite (ou Valeur Cible)
Particules fines <10 µm (PM10)	En moyenne annuelle : 30 µg/m ³	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³ En moyenne journalière : 50 µg/m ³ (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an = centile 90,4)
Dioxyde d'azote (NO₂)	En moyenne annuelle : 40 µg/m ³	En moyenne horaire : 200 µg/m ³ (à ne pas dépasser plus de 18h par an = centile 99,8)
Dioxyde de soufre (SO₂)	En moyenne annuelle : 50 µg/m ³	En moyenne journalière : 125 µg/m ³ (à ne pas dépasser plus de 3 jours par an = centile 99,2) En moyenne horaire : 350 µg/m ³ (à ne pas dépasser plus de 24h par an = centile 99,7)
Benzène	En moyenne annuelle : 2 µg/m ³	En moyenne annuelle : 5 µg/m ³
Benzo(a)pyrène	-	En moyenne annuelle : 1.10 ⁻³ µg/m ³ (valeur cible)
Cadmium	-	En moyenne annuelle : 5.10 ⁻³ µg/m ³ (valeur cible)
Arsenic	-	En moyenne annuelle : 6.10 ⁻³ µg/m ³ (valeur cible)
Nickel	-	En moyenne annuelle : 20.10 ⁻³ µg/m ³ (valeur cible)
Plomb	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³	En moyenne annuelle : 0,5 µg/m ³

- **Objectif de qualité** : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur limite** : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur cible** : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné.

²² Valeurs réglementaires françaises du Code de l'environnement (Livre II : Milieux Physiques, Titre II : Air et Atmosphère, relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites).

7.2.2.4 Concentrations en moyenne annuelle

Les résultats de concentrations moyennes annuelles vont permettre de fournir les éléments nécessaires pour évaluer les risques par inhalation.

Le Tableau 46 présente les valeurs calculées en moyenne annuelle :

- au point géographique le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site ;
- au niveau des points cibles présentés précédemment (cf. Figure 31) correspondant aux premières habitations.

Pour l'ensemble des substances étudiées, **les concentrations en moyenne annuelle** obtenues par modélisation **au niveau des points cibles sont inférieures aux valeurs limites** françaises de la qualité de l'air. Parmi les points cibles étudiés, le point 4 (première habitation au sud-ouest) est le plus exposé (situé sous les vents dominants). Au niveau de ce point, les concentrations moyennes annuelles calculées représentent au maximum :

- 65% de la valeur cible pour l'arsenic,
- 40% de la valeur cible pour le benzo(a)pyrène,
- 7% de l'objectif de qualité pour les poussières assimilées à des PM₁₀,
- 3,8% de la valeur cible pour le cadmium,
- 1,9% de la valeur cible pour le nickel,
- 1,6% de l'objectif de qualité pour le plomb,
- 1,4% de l'objectif de qualité pour les oxydes d'azote assimilés à du NO₂,
- moins de 1 % de l'objectif de qualité fixé pour le dioxyde de soufre et pour le benzène.

En ce qui concerne les résultats obtenus dans la zone la plus exposée en dehors du site, les concentrations moyennes annuelles obtenues par modélisation sont inférieures aux valeurs limites françaises de la qualité de l'air, excepté pour les poussières et le benzo(a)pyrène où la valeur limite et la valeur cible sont atteintes en limite de site, dans une zone non habitée.

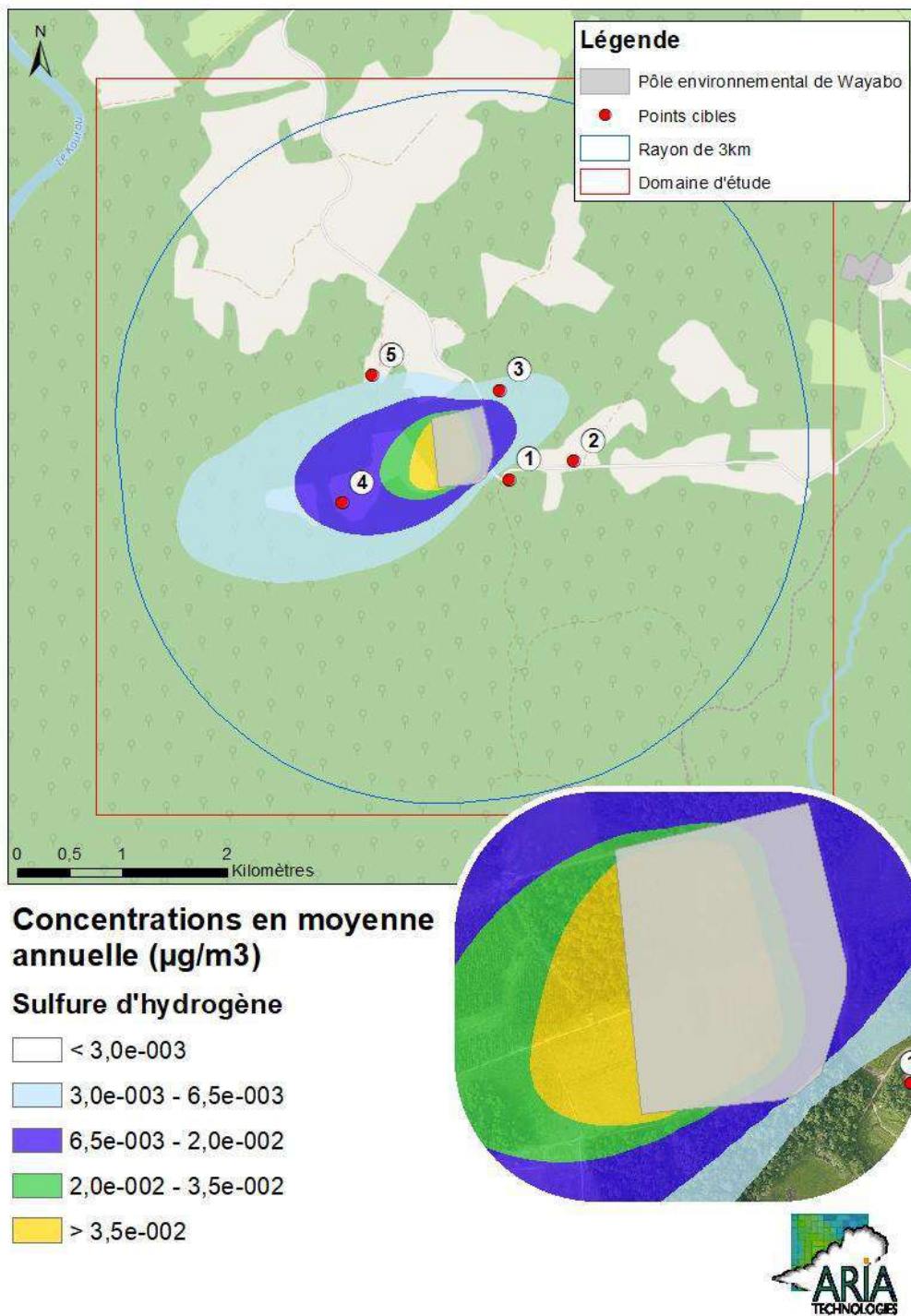
Tableau 46 : concentrations en moyenne annuelle

Unité	Concentrations moyennes annuelles												
	PM10 µg/m ³	NOx µg/m ³	Formaldéhyde µg/m ³	Plomb µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	H ₂ S µg/m ³	Benzène µg/m ³	1,2 dichloroéthane µg/m ³	Benzo(a)- pyrène µg/m ³	Arsenic µg/m ³	Cadmium µg/m ³	Mercure µg/m ³	Nickel µg/m ³
Point le plus exposé en dehors des limites du site (à l'ouest en bordure de site - zones non habitées)	47,4	2,5	0,24	1,6.10⁻²	0,7	8.10⁻²	2,9.10⁻²	7,0.10⁻³	1,6.10⁻³	1,6.10⁻²	8.10⁻⁴	8.10⁻⁴	1,6.10⁻³
1 Habitations sud-est	2,7.10 ⁻¹	5,0.10 ⁻²	3,2.10 ⁻³	2,2.10 ⁻⁴	8,8.10 ⁻³	1,5.10 ⁻³	5,6.10 ⁻⁴	1,2.10 ⁻⁴	2,3.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁴	1,1.10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁵
2 Habitations est	1,2.10 ⁻¹	3,7.10 ⁻²	3,3.10 ⁻³	2,3.10 ⁻⁴	8,7.10 ⁻³	9,3.10 ⁻⁴	3,4.10 ⁻⁴	7,7.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁵	2,3.10 ⁻⁴	1,1.10 ⁻⁵	1,1.10 ⁻⁵	2,2.10 ⁻⁵
3 Habitations nord-est	2,8.10 ⁻¹	1,7.10 ⁻¹	1,1.10 ⁻²	7,7.10 ⁻⁴	2,9.10 ⁻²	4,2.10 ⁻³	1,6.10 ⁻³	3,5.10 ⁻⁴	8,4.10 ⁻⁵	7,7.10 ⁻⁴	3,8.10 ⁻⁵	3,6.10 ⁻⁵	7,6.10 ⁻⁵
4 Habitations sud-ouest	2,1	5,6.10 ⁻¹	5,8.10 ⁻²	3,9.10 ⁻³	2,0.10 ⁻¹	1,1.10 ⁻²	3,8.10 ⁻³	8,7.10 ⁻⁴	4,0.10 ⁻⁴	3,9.10 ⁻³	1,9.10 ⁻⁴	1,9.10 ⁻⁴	3,8.10 ⁻⁴
5 Habitations nord-ouest	2,2.10 ⁻¹	1,9.10 ⁻¹	2,0.10 ⁻²	1,4.10 ⁻³	5,9.10 ⁻²	2,7.10 ⁻³	1,0.10 ⁻³	2,2.10 ⁻⁴	1,4.10 ⁻⁴	1,4.10 ⁻³	6,6.10 ⁻⁵	6,5.10 ⁻⁵	1,3.10 ⁻⁴
Rappel de la réglementation :													
Objectif de qualité	30	40	-	0,25	50	-	2	-	-	-	-	-	-
Valeur cible	-	-	-	0,5	-	-	-	-	1.10 ⁻³	6.10 ⁻³	5.10 ⁻³	-	20.10 ⁻³
Valeur limite	40	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-

La Figure 32 présente la carte de concentrations en moyenne annuelle sur le domaine d'étude pour le sulfure d'hydrogène. Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs, par exemple, les zones en « bleu clair » sur la Figure 32 correspondent à des concentrations en H₂S comprises entre 3.10^{-3} et $6,5.10^{-3}$ µg/m³. Les cartes pour les autres polluants sont présentées en Annexe 3.

Les cartographies montrent que les concentrations les plus élevées sont situées à l'ouest du projet en bordure des limites du site, dans une zone non habitée, et diminuent rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du site.

Figure 32 : carte de concentration en moyenne annuelle en sulfure d'hydrogène



7.2.2.5 Dépôts au sol

Les résultats de dépôts au sol vont permettre de fournir les éléments nécessaires pour évaluer les risques par ingestion. Les poussières, le benzo(a)pyrène et les métaux sont les substances pouvant se déposer sur le sol.

Le Tableau 47 présente les dépôts totaux pour chacun des polluants particuliers :

- au point géographique le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site, correspondant à des zones non habitées ;
- au niveau des points cibles présentés précédemment (cf. Figure 31) correspondant principalement aux premières habitations.

Il n'existe pas de valeurs limites fixées par une réglementation européenne ou française concernant les dépôts de particules sédimentables. Néanmoins quelques pays ont fixé des valeurs limites admissibles des dépôts en poussières sédimentables pour l'environnement :

- la Suisse : $200 \text{ mg/m}^2/\text{jour} = 730 \text{ kg/ha/an}$
- l'Allemagne : $350 \text{ mg/m}^2/\text{jour} = 1\,270 \text{ kg/ha/an}$

Les valeurs obtenues pour les poussières au niveau de la zone la plus exposée en dehors des limites du site sont inférieures à ces valeurs limites admissibles.

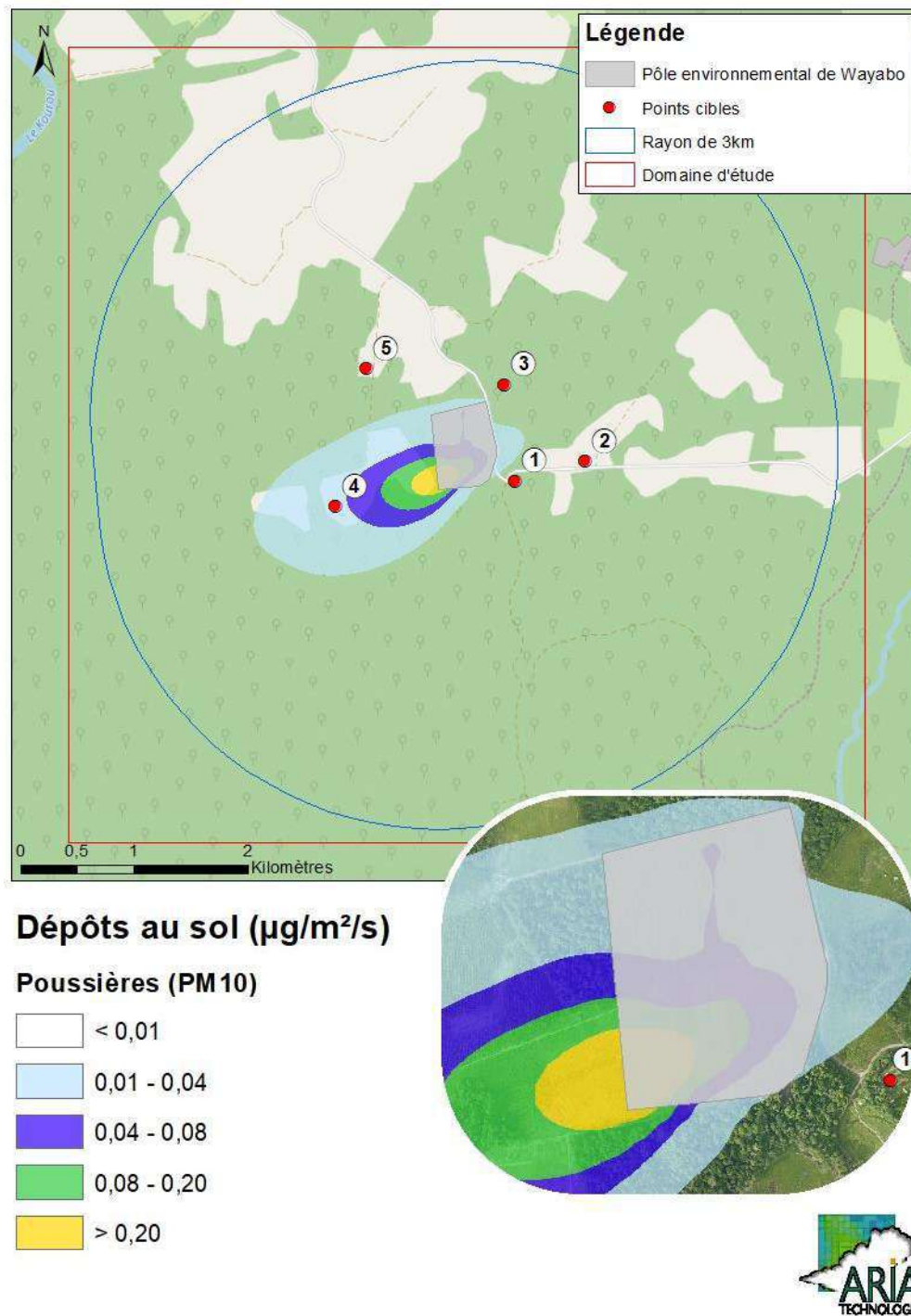
Mentionnons également la valeur seuil proposée pour différencier une zone dite faiblement polluée d'une zone fortement polluée par la norme française NF X 43007 concernant les mesures de "retombées" par la méthode des plaquettes de "dépôts". Une zone dite faiblement polluée est une zone sur laquelle il se dépose moins de $1\,000 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$ soit $3\,650 \text{ kg/ha/an}$. Cette valeur est très élevée comparée aux valeurs obtenues par les simulations.

La Figure 33 présente la carte des dépôts pour les poussières sur le domaine d'étude. Les cartes pour les autres substances sont présentées en Annexe 4. La zone de dépôts la plus importante est située en bordure des limites du site, dans des zones non habitées. Les dépôts diminuent rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du site.

Tableau 47 : dépôts totaux au sol moyens annuels

Unité		Dépôts au sol						
		PM10 µg/m ² /s	Plomb µg/m ² /s	Benzo(a)-pyrène µg/m ² /s	Arsenic µg/m ² /s	Cadmium µg/m ² /s	Mercure µg/m ² /s	Nickel µg/m ² /s
Point le plus exposé en dehors des limites du site (à l'ouest en bordure de site - zones non habitées)		0,7	6.10⁻⁵	1,1.10⁻⁶	5.10⁻⁵	4,6.10⁻⁶	9,1.10⁻⁷	9.10⁻⁶
1	Habitations sud-est	4,7.10 ⁻³	2,1.10 ⁻⁶	5,9.10 ⁻⁸	2,5.10 ⁻⁶	1,8.10 ⁻⁷	8,0.10 ⁻⁸	3,0.10 ⁻⁷
2	Habitations est	2,0.10 ⁻³	1,1.10 ⁻⁶	2,5.10 ⁻⁸	1,0.10 ⁻⁶	8,5.10 ⁻⁸	2,6.10 ⁻⁸	1,6.10 ⁻⁷
3	Habitations nord-est	4,5.10 ⁻³	4,0.10 ⁻⁶	9,7.10 ⁻⁸	4,2.10 ⁻⁶	3,4.10 ⁻⁷	1,1.10 ⁻⁷	5,9.10 ⁻⁷
4	Habitations sud-ouest	3,5.10 ⁻²	1,5.10 ⁻⁵	3,0.10 ⁻⁷	1,3.10 ⁻⁵	1,2.10 ⁻⁶	2,6.10 ⁻⁷	2,2.10 ⁻⁶
5	Habitations nord-ouest	3,9.10 ⁻³	5,8.10 ⁻⁶	1,3.10 ⁻⁷	5,5.10 ⁻⁶	4,6.10 ⁻⁷	1,3.10 ⁻⁷	8,5.10 ⁻⁷

Figure 33 : carte de dépôts en poussières (PM10)



7.3 EVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE

L'étude de dispersion (cf. paragraphe 7.2) a permis d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables au site. Ces résultats serviront dans le cadre de cette étude pour estimer les expositions des populations vivant autour du site.

7.3.1 Voies d'exposition

Le schéma conceptuel d'exposition (cf. paragraphe 5) nous a conduits à retenir les voies d'exposition suivantes :

- l'inhalation,
- l'ingestion :
 - de sol (poussières),
 - de viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers,
 - de fruits et légumes.

7.3.2 Exposition par inhalation

7.3.2.1 Comparaison des concentrations aux valeurs guides OMS

Les NOx (assimilés au NO₂), le SO₂ et les poussières (assimilées aux PM₁₀) ne disposent pas de valeur de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'OMS (2005) pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Pour ces substances, les concentrations modélisées seront simplement comparées aux valeurs guides conformément à la note d'information de la DGS d'octobre 2014.

Le Tableau 48 indique les concentrations estimées par la modélisation dans la zone habitée la plus exposée ainsi que les valeurs guides de l'OMS (cf. paragraphe 7.1.3.3).

Tableau 48 : concentration en moyenne annuelle et valeurs guides OMS

Substances	Unité	Concentration moyenne annuelle zone habitée la plus exposée	Valeur guide OMS (moyenne annuelle)
NOx assimilés au NO ₂	µg/m ³	0,56	40
Poussières PM ₁₀	µg/m ³	2,1	20
Dioxyde de soufre	µg/m ³	0,2	50

Les concentrations attribuables aux émissions du site sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS en moyenne annuelle dans la zone habitée la plus exposée.

7.3.2.2 Scénario d'exposition

Un scénario général sera considéré ici pour l'exposition par inhalation des populations. Afin de garder un caractère majorant, un **scénario résidentiel** est retenu en première approche, à savoir :

- l'étude porte sur des expositions chroniques, c'est-à-dire des expositions récurrentes ou continues pendant plusieurs années. La **durée d'exposition** des populations a été prise égale à **53 ans**, correspondant à la durée d'exploitation du site (23 ans) ajoutée de la durée de post-exploitation (30 ans). C'est la durée préconisée par le guide de l'ASTEE²³. De plus, cette hypothèse est **majorante** puisque les camions et engins pris en compte dans le calcul des émissions ne circuleront plus pendant la phase de post-exploitation.
- en l'absence de données sur le temps passé par les populations sur le domaine d'étude et en dehors du domaine d'étude, et en l'absence aussi de données sur les concentrations d'exposition des personnes pendant le temps passé en dehors du domaine d'étude, il est posé l'hypothèse majorante que les populations séjournent **24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an** sur le domaine d'étude.

Ces hypothèses ne tiennent pas compte des diverses causes d'absence du domicile, notamment pour des raisons personnelles (vacances, loisirs, etc.) ou professionnelles.

Les doses d'exposition par voie respiratoire sont calculées à partir des concentrations estimées dans le cadre de l'étude de dispersion (cf. paragraphe 7.2) au niveau de la zone habitée la plus exposée correspondant à l'habitation isolée au sud-ouest (point 4).

Tableau 49 : récapitulatif du scénario inhalation retenu

Scénario retenu	Description du scénario
Résidentiel	100% du temps passé au niveau de la zone habitée la plus exposée (point 4, habitation au sud-ouest) (exposition 24h/24, 7J/7, 365 jours/an pendant 53 ans)

7.3.2.3 Méthode de calcul des doses d'exposition par voie respiratoire

Pour une exposition par inhalation, la dose d'exposition par voie respiratoire correspond à la concentration inhalée (CI) et est calculée de la manière suivante :

$$CI = Ci \times \frac{T \times F}{T_m}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne inhalée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Ci : concentration de polluant dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- F : fréquence d'exposition. Dans cette étude : F = 1 (24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an)
- T : durée d'exposition (années)
- Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

²³ « Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés », Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement, février 2005

Conformément à la méthodologie donnée par le référentiel de l'INERIS²⁴, pour les polluants avec effets à seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition soit $T_m=T$. Pour les polluants avec effets sans seuil (cancérogènes génotoxiques), T_m est assimilée à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans). **Le ratio T/T_m n'apparaît donc que dans les calculs pour les toxiques à effet sans seuil.** Dans cette étude, T est assimilée à une durée d'exposition de 70 ans (cf. paragraphe 7.3.2.1).

La formule de calcul de la concentration inhalée C_i se simplifie donc de la façon suivante :

- pour les polluants avec **effets à seuil** : $C_i = C_i$
- pour les polluants avec **effets sans seuil** : $C_i = C_i \times 53/70$

avec C_i , la concentration dans l'air ambiant calculée par modélisation ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Notons que le calcul de la concentration moyenne inhalée C_i ne fait pas intervenir de paramètres physiologiques, les résultats ainsi obtenus s'appliquent aussi bien à l'exposition par inhalation d'un adulte qu'à celle d'un enfant.

7.3.2.4 Doses d'exposition par voie respiratoire

L'estimation de l'exposition par inhalation liée aux émissions de l'installation est basée sur les concentrations en moyenne annuelle estimées par l'étude de dispersion au niveau de la zone habitée la plus exposée (point 4, habitation au sud-ouest) (cf. Tableau 46 paragraphe 7.2.2.4).

Tableau 50 : doses d'exposition par inhalation

Substances	Unité	Concentration C_i dans la zone habitée la plus exposée	Doses d'exposition par inhalation C_i dans la zone habitée la plus exposée
Substances à seuil ($C_i = C_i$)			
Sulfure d'hydrogène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.1E-02	1.1E-02
Benzène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.8E-03	3.8E-03
1,2 dichloroéthane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8.7E-04	8.7E-04
Formaldéhyde	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	5.8E-02	5.8E-02
Benzo(a)pyrène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4.0E-04	4.0E-04
Cadmium	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.9E-04	1.9E-04
Mercuré	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.9E-04	1.9E-04
Arsenic	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.9E-03	3.9E-03
Plomb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.9E-03	3.9E-03
Nickel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.8E-04	3.8E-04
Substances sans seuil ($C_i = C_i \times 53/70$)			
Benzène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.8E-03	2.9E-03
1,2 dichloroéthane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	8.7E-04	6.6E-04
Benzo(a)pyrène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4.0E-04	3.0E-04
Arsenic	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.9E-03	3.0E-03
Plomb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.9E-03	2.9E-03
Nickel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3.8E-04	2.9E-04

²⁴ Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées, INERIS Août 2013

7.3.3 Exposition par ingestion

Il existe pour certains éléments dont les éléments traces une possibilité d'exposition par ingestion liée aux retombées atmosphériques.

Il convient de distinguer deux voies d'exposition potentielles par ingestion :

- **l'une directe par le biais d'ingestion de poussières** (mains, objets ou aliments souillés par de la terre et portés à la bouche). Des études expérimentales ont en effet permis d'estimer la part de poussières et de sols ingérés par les personnes exposées pour différentes tranches de la vie. Il est montré que les enfants, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes.
- **l'autre indirecte par le transfert de contaminants au travers de la chaîne alimentaire**. Cette voie concerne les composés susceptibles de se redéposer et qui ont de plus un caractère bio-cumulatif, c'est-à-dire qui ont la possibilité de s'accumuler sans être dégradés dans les végétaux et animaux.

7.3.3.1 Scénario d'exposition

Dans cette étude, l'exposition des populations est prise égale à **53 ans** (cf. paragraphe 7.3.2.2). Les individus sont supposés présents 365 jours par an sur le lieu d'étude.

Trois valeurs de dépôts sont retenues pour effectuer les calculs de remontée dans la chaîne alimentaire :

- Dcult, dépôt au niveau des zones de culture agricole, pris en compte pour les transferts suivants :
 - sol→végétaux→homme,
 - sol→céréales→volaille→(œuf→) homme,
- Dpât, dépôt au niveau des premières zones de pâturage, pris en compte pour les transferts : sol→herbe→bovin→homme.
- Dpop, dépôt au niveau des premières zones d'habitation les plus exposées, pris en compte pour tous les autres transferts : sol→homme.

Dans cette étude, nous considérerons le scénario suivant :

- **Dpop = Dépôt sur la zone habitée la plus exposée ;**
- **Dcult = Dpât = Dépôt sur la zone agricole la plus exposée.**

Cibles retenues

En fonction des données disponibles sur les consommations alimentaires des individus, la population a été divisée en plusieurs classes d'âge :

- les nourrissons âgés de 0 à 1 an,
- les enfants âgés de 1 an à 2 ans,
- les enfants âgés de 2 ans à 7 ans,
- les enfants âgés de 8 ans à 12 ans,
- les enfants âgés de 13 ans à 17 ans,
- et les plus de 17 ans.

Les risques non cancérigènes sont estimés au moment de la contamination maximale des milieux, c'est-à-dire au terme des 53 années de fonctionnement de l'installation.

Voies d'exposition par ingestion retenues dans l'étude

Les différentes voies possibles d'exposition par ingestion de produits d'origine locale sont les suivantes :

- ingestion de sol,
- ingestion de légumes-racines,
- ingestion de légumes-feuilles,
- ingestion de légumes-fruits,
- ingestion de fruits,
- ingestion de viande bovine,
- ingestion de viande de volaille,
- ingestion de lait et produits laitiers,
- ingestion d'œufs.

Ainsi, l'exposition par ingestion et en particulier par ingestion indirecte a été estimée en effectuant un calcul à partir d'équations simples qui permet une estimation sommaire de l'apport lié à l'ingestion de légumes, fruits, œufs, viande et produits laitiers d'origine locale (EPA, HHRAP)²⁵.

7.3.3.2 Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition

Ce paragraphe présente les modes de calculs des concentrations en composés dans les milieux auxquels les personnes sont exposées, à partir des données de la modélisation selon la méthode de l'EPA (HHRAP)²⁶.

Dans cette approche de l'EPA, les dépôts modélisés sont supposés s'accumuler sur le sol au cours du temps sans aucun phénomène d'atténuation (lixiviation, érosion, dégradation,...) et la concentration de polluants dans le sol est obtenue par calcul de la dilution dans le sol de la quantité de composés déposés dans la couche de sol considérée. Il s'agit donc d'une **approche majorante simplifiée**.

7.3.3.2.1 Détermination des concentrations dans les sols

Il s'agit de déterminer la concentration dans les sols à partir des dépôts calculés par modélisation de la manière suivante :

$$C_{\text{sol}} = \frac{D \times T}{\rho \times h}$$

Avec :

- C_{sol} : concentration dans le sol (mg/kg)
- D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m²/an)
- T : durée d'exposition (année)
- ρ : densité du sol (kg/m³)
- h : hauteur du sol (m)

²⁵ EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

²⁶ EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

Les concentrations dans les sols sont calculées en prenant les hypothèses et paramétrages suivants :

- densité de sol sec : $\rho=1\ 300\ \text{kg/m}^3$
- durée d'exposition : $T= 53\ \text{ans}$

Les concentrations dans le sol ont été calculées :

- dans la couche superficielle de **1 cm d'épaisseur**, dans les zones d'habitation et de pâturages, pour l'ingestion directe de poussières (homme et animaux),
- dans la couche superficielle de **20 cm d'épaisseur**, dans les zones d'habitations ou de culture, où sont cultivés les végétaux,
- dans la couche superficielle de **10 cm d'épaisseur** au niveau des zones de pâturage et dans laquelle se trouvent les racines de l'herbe (valeur proposée dans la mise à jour de décembre 2004 du rapport GT-GIC27). Les concentrations dans les sols ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 52.

Pour le mercure, il est tenu compte, d'après les recommandations de l'INERIS (Bonnard, 2003), qu'une partie du dépôt de mercure va passer sous forme organique dans le sol (2 %) et dans les compartiments végétaux et animaux (22 %). Les apports par ingestion de mercure, liés aux émissions des installations, ont donc été calculés d'après les pourcentages de dépôts présentés dans le Tableau 51.

Tableau 51 : dépôts de mercure utilisés pour tenir compte de la spéciation du mercure dans l'environnement

Formes de mercure	Dépôt pour l'ingestion de sol	Dépôt pour l'ingestion de produits animaux et végétaux
Mercure élémentaire	98 % du dépôt total	78 % du dépôt total
Méthylmercure	2 % du dépôt total	22 % du dépôt total

²⁷ « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

Tableau 52 : concentrations dans les sols

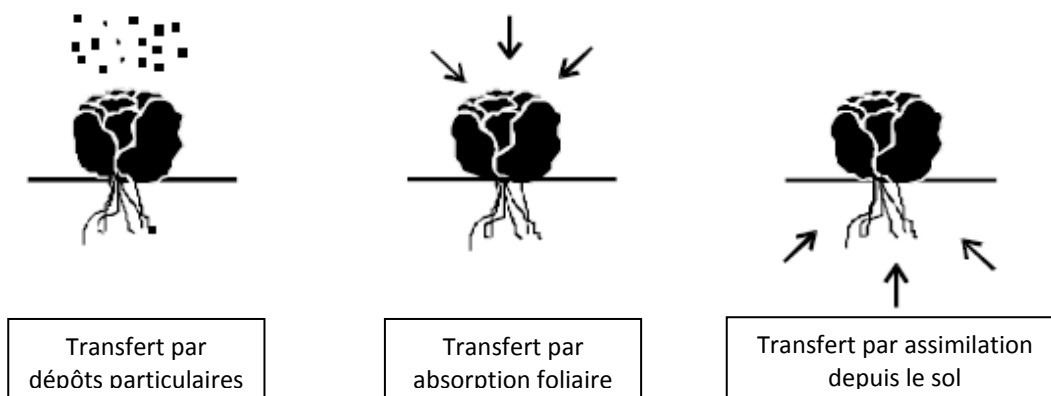
Substance	ZONE DE POPULATION		ZONE DE CULTURE		ZONE DE PATURAGE		
	Dpop (mg/m ² /an)	concentration dans la zone d'habitation la plus exposée dans 53 ans	Dcult (mg/m ² /an)	concentration dans la zone de culture la plus exposée dans 53 ans	Dpât (mg/m ² /an)	concentration dans la zone de pâturage la plus exposée dans 53 ans	
		dans le 1er cm (mg/kgsoil)		dans les 20 premiers cm (mg/kgsoil)		dans le 1er cm (mg/kgsoil)	dans les 10 premiers cm (mg/kgsoil)
Arsenic	4.13E-01	1.68E+00	1.29E+00	2.64E-01	1.29E+00	5.27E+00	5.27E-01
Cadmium	3.63E-02	1.48E-01	1.20E-01	2.44E-02	1.20E-01	4.89E-01	4.89E-02
Méthylmercure	1.65E-04	6.74E-04	5.06E-03	1.03E-03	5.06E-03	2.06E-02	2.06E-03
Mercure inorganique	8.10E-03	3.30E-02	1.80E-02	3.66E-03	1.80E-02	7.32E-02	7.32E-03
Nickel	6.84E-02	2.79E-01	2.27E-01	4.63E-02	2.27E-01	9.26E-01	9.26E-02
Plomb	4.67E-01	1.90E+00	1.55E+00	3.15E-01	1.55E+00	6.30E+00	6.30E-01
Benzo(a)pyrène	9.52E-03	3.88E-02	2.93E-02	5.98E-03	2.93E-02	1.20E-01	1.20E-02

7.3.3.2 Détermination des concentrations dans les végétaux

La contamination des végétaux a trois origines (cf. Figure 34) :

- les dépôts de polluants sur les parties aériennes provenant des retombées atmosphériques et de ré-envol de poussières,
- l'absorption foliaire de certains polluants gazeux par les feuilles de la plante,
- l'assimilation des polluants par la plante depuis le sol, par les racines, puis la diffusion dans tout le végétal.

Figure 34 : contamination des végétaux (EPA, 1998)



Transfert lié aux dépôts particulaires sur les plantes

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante liée au dépôt particulaire est calculée par la formule suivante :

$$C_{dp} = D \times R_p \times \frac{1 - e^{(-k_p \times T_p)}}{Y_p \times k_p} \times t_{ms}$$

Avec :

- C_{dp} : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m²/an)
- R_p : fraction interceptée par les cultures (-)
- k_p : coefficient de perte sur la surface de la plante (année⁻¹) - effet « weathering »
- T_p : durée de culture (année)
- Y_p : rendement de production (kg sec/m²)
- t_{ms} : teneur en matière sèche de la plante (-)

Les facteurs relatifs aux végétaux utilisés sont issus des rapports de l'INERIS^{28/29} et sont présentées dans le Tableau 53.

²⁸ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

²⁹ « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

Tableau 53 : facteurs relatifs aux végétaux

Type de plante	t _{ms}	Yp (kg sec / m ²)	Rp	Kp (an ⁻¹)	Tp (an)
Légumes-racines	0,2	-	-	-	-
Légumes-feuilles	0,086	0,246	0,215	18	0,164
Légumes-fruits	0,063	10,52	0,996	18	0,164
Fruit	0,15	0,252	0,053	18	0,164
Herbe	0,2	0,24	0,5	18	0,12
Grains	0,882	-	-	-	-

Transfert lié à l'absorption foliaire

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante liée à l'absorption foliaire est calculée par la formule suivante :

$$C_{gp} = C_a \times B_v \times F_v \times VG$$

Avec :

C_{gp} : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)

C_a : concentration de polluant dans l'air (µg/m³)

B_v : coefficient de bio-transfert air-plante (m³/kg frais)

F_v : Fraction de polluant sous forme gazeuse (-)

VG : facteur correctif empirique (pour tenir compte du transfert réduit des polluants vers l'intérieur de la plante à vocation alimentaire et de la réduction de la contamination due aux techniques de préparation).

VG = 0,01 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau (Kow) supérieur à 10 000 et VG = 1 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau inférieur à 10 000.

Les concentrations dans l'air sont celles calculées par le modèle de dispersion et présentées dans la partie 7.3.2.4.

Les facteurs de bio-transfert B_v air/plante sont présentés dans le Tableau 54 (source : 30). Ce facteur est nul pour les métaux. Ils ne sont donc pas présentés pour les métaux étudiés dans cette étude.

Tableau 54 : facteurs de bioconcentration air/plante (B_v exprimés par rapport à la plante fraîche)

	Bv air/feuille	Bv air/leg-fruit	Bv air/fruit	Bv air/herbe	Source
unité	m ³ /kg frais	m ³ /kg frais	m ³ /kg frais	m ³ /kg frais	
Benzo(a)pyrène	24948	24948	24948	24948	HHRAP 2005

Les paramètres physico-chimiques relatif aux HAPs sont issus des rapports de l'INERIS^{30/31} et sont présentées dans le Tableau 55.

³⁰ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

³¹ « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

Tableau 55 : paramètres physico-chimiques

	Fv	Coefficient de partage octanol-eau	VG
unité	-	log Kow	-
Benzo(a)pyrène	0,29	6,00	0,01

Transfert lié à l'assimilation des polluants par la plante

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante est calculée par la formule suivante :

$$C_{rp} = B_r \times C_s$$

Avec :

C_{rp} : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

C_s : concentration dans le sol (mg/kg sol sec), dans les 20 premiers cm pour les racines, les feuilles, les fruits, les grains, et dans les 10 premiers cm pour l'herbe.

B_r : facteur de bio concentration sol/plante spécifique, dans les racines, les feuilles, les fruits, les grains du végétal, l'herbe (mg/kg frais ou sec de plante / mg/kg de sol sec).

Les facteurs de bioconcentration sol/plante (B_r) utilisés sont présentés dans le Tableau 56 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)³². Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations et sa mise à jour récente.

Tableau 56 : facteurs de bioconcentration sol/plante (B_r exprimés par rapport à la plante fraîche)

	Br sol/racine	Br sol/feuille	Br sol/leg-fruit	Br sol/fruit	Br sol/grain	Br sol/herbe	
unité	kg sol sec/kg frais de plante						Source biblio
Arsenic	1.60E-03	5.44E-04	3.99E-04	9.50E-04	3.53E-03	7.20E-03	HHRAP 2005
Cadmium	1.28E-02	1.08E-02	7.88E-03	1.88E-02	5.47E-02	7.28E-02	HHRAP 2005
Méthylmercure	1.98E-02	2.53E-03	1.85E-03	4.41E-03	1.68E-02	0.00E+00	HHRAP 2005
Mercure inorganique	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01	1.20E+00	GRNC - GR3
Nickel	1.60E-03	8.01E-04	5.87E-04	1.40E-03	5.29E-03	6.40E-03	HHRAP 2005
Plomb	1.80E-03	1.17E-03	8.57E-04	2.04E-03	7.94E-03	9.00E-03	HHRAP 2005
Benzo(a)pyrène	1.21E-02	1.14E-03	8.32E-04	1.98E-03	1.16E-02	2.64E-03	HHRAP 2005

³² GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPRESERLAB/01-39

Contamination totale des plantes

La contamination totale des plantes correspond à la somme des concentrations dans les plantes calculées par le transfert sol/plante, par le transfert air/plante et liées au dépôt de particules :

$$C_p = C_{dp} + C_{gp} + C_{rp}$$

Avec :

- C_p : concentration totale dans les plantes (mg/kg frais)
- C_{dp} : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- C_{gp} : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)
- C_{rp} : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

Les concentrations totales dans les plantes ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 57.

Tableau 57 : contamination totale des plantes (via le sol, l'air et les dépôts de particules)

Substance	Contamination totale végétaux frais (mg/kg)					
	Légume racine	Légume feuille	Légume fruit	Fruit	Herbe	Grains
Arsenic	4.22E-04	5.26E-03	5.11E-04	2.40E-03	3.03E-02	9.30E-04
Cadmium	3.13E-04	7.37E-04	2.30E-04	6.57E-04	6.01E-03	1.34E-03
Méthylmercure	2.04E-05	2.27E-05	3.50E-06	1.30E-05	1.04E-04	1.73E-05
Mercure inorganique	1.10E-03	1.17E-03	1.10E-03	1.13E-03	9.15E-03	1.10E-03
Nickel	7.41E-05	9.36E-04	9.85E-05	4.42E-04	5.24E-03	2.45E-04
Plomb	5.67E-04	6.48E-03	7.55E-04	3.21E-03	3.73E-02	2.50E-03
Benzo(a)pyrène	7.23E-05	2.40E-04	1.32E-04	1.78E-04	7.50E-04	6.96E-05

7.3.3.2.3 Détermination des concentrations dans les produits d'origine animale

On suppose de manière majorante que toute la nourriture ingérée par l'animal provient de la zone d'exposition.

Les facteurs de bioconcentration dans les produits animaux (Ba) utilisés sont présentés dans le Tableau 58 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)³³. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations et sa mise à jour récente.

Tableau 58 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)

Substance	Baboeuf	Balaît	Bavolaille	Baoeuf	Source
unité	j/kg frais	j/l frais	j/kg frais	j/kg frais	
Arsenic	2.00E-03	6.00E-05	2.00E-02	2.00E-02	HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
Cadmium	1.20E-04	6.50E-06	1.06E-01	2.50E-03	HHRAP 2005

³³ GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPRE/SERLAB/01-39

Substance	Baboeuf	Balait	Bavolaille	Baoeuf	Source
unité	j/kg frais	j/l frais	j/kg frais	j/kg frais	
Méthylmercure	7.80E-04	3.38E-04	3.58E-03	3.58E-03	HHRAP 2005
Mercure inorganique	-	-	-	-	HHRAP 2005
Nickel	6.00E-03	1.00E-03	5.00E-03	4.00E-01	HHRAP 2005 & GRNC - GR3
Plomb	3.00E-04	2.50E-04	1.2	1.2	HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
Benzo(a)pyrène	3.76E-02	7.91E-03	2.77E-02	1.58E-02	HHRAP 2005

Transfert vers la viande de bœuf

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la viande de bœuf est calculée par l'équation suivante :

$$C_{boeuf} = (Q_{herbe} \cdot C_{herbe} + Q_s \cdot C_s \cdot B_s) \times Ba_{boeuf}$$

Avec :

- C_{boeuf} : concentration dans la viande (mg/kg de viande fraîche)
- Q_{herbe} : quantité totale d'herbe ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{herbe} : concentration en polluant dans l'herbe ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité ($B_s = 1$)
- Ba_{boeuf} : facteur de biotransfert pour la viande de bœuf (j/kg frais)

Les paramètres relatifs au bœuf sont les suivants (INERIS³⁴) :

- $Q_{herbe} = 60$ kg frais/j
- $Q_s = 0,5$ kg sec/j

Transfert vers le lait

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans le lait est calculée par l'équation suivante :

$$C_{lait} = (Q_{herbe} \cdot C_{herbe} + Q_s \cdot C_s \cdot B_s) \times Ba_{lait}$$

Avec :

- C_{lait} : concentration dans le lait (mg/kg de lait)
- Q_{herbe} : quantité totale d'herbe ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{herbe} : concentration en polluant dans l'herbe ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité ($B_s = 1$)
- Ba_{lait} : facteur de biotransfert pour le lait (j/kg frais)

³⁴ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

Les paramètres relatifs à la vache laitière sont les suivants (INERIS³⁴) :

$$Q_{\text{herbe}} = 80 \text{ kg frais/j}$$

$$Q_s = 0,64 \text{ kg sec/j}$$

Transfert vers la viande de volaille

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la viande de volaille est calculée par l'équation suivante :

$$C_{\text{volaille}} = (Q_{\text{grain}} \cdot C_{\text{grain}} + Q_s \cdot C_s \cdot B_s) \times Ba_{\text{volaille}}$$

Avec :

C_{volaille} : concentration dans la viande de volaille (mg/kg de viande fraîche)

Q_{grain} : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)

C_{grain} : concentration en polluant dans les grains ingérée par l'animal (mg/kg)

Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)

C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm

B_s : facteur de biodisponibilité ($B_s = 1$)

Ba_{volaille} : facteur de biotransfert pour la viande de volaille (j/kg frais)

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS³⁴) :

$$Q_{\text{grain}} = 0,2 \text{ kg frais/j}$$

$$Q_s = 0,02 \text{ kg sec/j}$$

Transfert vers les œufs

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans les œufs est calculée par l'équation suivante :

$$C_{\text{oeuf}} = (Q_{\text{grain}} \cdot C_{\text{grain}} + Q_s \cdot C_s \cdot B_s) \times Ba_{\text{oeuf}}$$

Avec :

C_{oeuf} : concentration dans les œufs (mg/kg frais)

Q_{grain} : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)

C_{grain} : concentration en polluant dans les grains ingérée par l'animal (mg/kg)

Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)

C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm

B_s : facteur de biodisponibilité ($B_s = 1$)

Ba_{oeuf} : facteur de biotransfert pour les œufs (j/kg frais)

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS³⁴) :

$$Q_{\text{grain}} = 0,2 \text{ kg frais/j}$$

$$Q_s = 0,02 \text{ kg sec/j}$$

Contamination des produits d'origine animale

Les concentrations en polluant dans les produits d'origine animale ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 59.

Tableau 59 : contamination des produits d'origine animale liée à l'installation

Substance	Contamination des produits d'origine animale (mg/kg)			
	Viande de boeuf	Lait	Viande de volaille	Oeufs
unité	mg/kg frais	mg/kg frais	mg/kg frais	mg/kg frais
Arsenic	8.90E-03	3.48E-04	2.11E-03	2.11E-03
Cadmium	7.26E-05	5.16E-06	1.07E-03	2.51E-05
Méthylmercure	1.29E-05	7.27E-06	1.49E-06	1.49E-06
Mercurure inorganique	-	-	-	-
Nickel	4.66E-03	1.01E-03	9.28E-05	7.43E-03
Plomb	1.62E-03	1.75E-03	1.52E-01	1.52E-01
Benzo(a)pyrène	3.93E-03	1.08E-03	6.66E-05	3.80E-05

7.3.3.3 Calcul des doses d'exposition par voie digestive

La Dose Journalière d'Exposition (DJE) par ingestion est calculée suivant l'équation :

$$DJE = \sum_i \frac{C_i \times Q_i \times f_i \times F}{P}$$

Avec :

- DJE : Dose Journalière d'Exposition totale (mg/kg poids corporel/jour)
- C_i : concentration en polluant dans l'aliment i (mg/kg)
 i correspondant au sol (terre ingérée), aux légumes-feuilles, aux légumes-fruits, aux légumes-racines, aux fruits, à la viande de volaille, aux œufs, aux autres viandes et aux produits laitiers.
- Q_i : quantité de l'aliment i ingérée (kg/jour)
- f_i : fraction d'aliment i provenant de la zone d'exposition (-)
- F : fréquence d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours), fixée à 1 dans une hypothèse majorante.
- P : masse corporelle de la cible (kg)

Les concentrations C_i dans l'aliment i sont calculées suivant les méthodologies présentées au paragraphe 7.3.3.2 .

Les Doses Journalières d'Exposition sont calculées en prenant comme hypothèses les poids corporels donnés par la base de données CIBLEX³⁵ pour chaque catégorie d'âge (cf. Tableau 60).

La dernière étude individuelle nationale des consommations alimentaires disponible et sortie en juin 2017 (INCA 3³⁶) ne couvre pas les départements d'outre-mer (DOM) qui nécessitent une adaptation importante des protocoles et des outils d'enquête aux particularités alimentaires et aux conditions locales de collecte des données. Si des études ont été menées pour recueillir des données de consommation alimentaire pour la Martinique, la Guadeloupe et Mayotte, la mise en place d'études

³⁵ CIBLEX, Banque de données des paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, IRSN, ADEME, Juin 2003

³⁶ « Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3) - Avis de l'Anses, Rapport d'expertise collective », ANSES, juin 2017

complémentaires devrait être envisagée pour couvrir la Guyane pour lesquelles aucune donnée récente de consommations alimentaires individuelles n'est disponible.

Les données de consommation journalière retenues pour l'étude correspondent à la moyenne des consommations pour la Guadeloupe et la Martinique³⁷ pour les adultes et les enfants de plus de 11 ans, données qui ont été élargies aux enfants de plus de 1 an. Pour les bébés de moins de 1 an, les données correspondent à la moyenne nationale française (base de données CIBLEX - cf. Annexe 5). Les taux d'autoconsommation proviennent également de la base de données CIBLEX.

Tableau 60 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge (données CIBLEX - Enquêtes Kannari 2013-2014)

	Enfants (0 - 1 ans)	Enfants (1 - 2 ans)	Enfants (2 - 7 ans)	Enfants (7 - 12 ans)	Enfants (12 - 17 ans)	Adultes (17-60 ans)
Poids (kg)	6	10,8	17,15	30,6	51,7	62,55
Consommation de terre						
Quantité de terre ingérée (mg/j)	0	150	150	50	50	50
Consommation de légumes et fruits						
Quantité de légume racine ingérée (g/j)	36,3	40,05	40,05	40,05	40,05	81,30
Quantité de légume feuille ingérée (g/j)	93,8	92,80	92,80	92,80	92,80	119,90
Quantité de légume fruit ingérée (g/j)	72,9	74,30	74,30	74,30	74,30	126,25
Consommation de produits d'origine animale						
Quantité de viande (sauf volaille) ingérée (g/j)	2,4	84,05	84,05	84,05	84,05	65,38
Quantité de viande de volaille ingérée (g/j)	0	23,60	23,60	23,60	23,60	16,35
Quantité de produits laitiers ingérée (g/j)	654,2	199,30	199,30	199,30	199,30	113,25
Quantité d'œufs ingérée (g/j)	2,4	8,10	8,10	8,10	8,10	10,40

Tableau 61 : fraction d'aliments auto-produits – moyenne nationale métropole (données CIBLEX)

Catégories d'aliments	Fraction d'aliments auto-produits
Sol	1
Légume racine	0.15
Légume feuille	0.16
Légume fruit	0.11
Viande de bœuf, de porc, charcuterie	0.02
Viande de volaille	0.07
Œufs	0.09
Lait et produits laitiers	0.00

Les Doses Journalières d'Exposition liées au site ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 62 (détail en Annexe 6).

³⁷ Consommations alimentaires et biomarqueurs nutritionnels chez les adultes de 16 ans et plus. Enquête Kannari 2013-2014

Consommations alimentaires des enfants de 11-15 ans en Guadeloupe et Martinique. Enquête Kannari 2013-2014

Tableau 62 : Dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge

En mg/kg/jour	Arsenic	Cadmium	Méthylmercure	mercure inorganique	Nickel	Plomb	Benzo(a)pyrène
DJE Enfant (0 - 1 an)	1.8E-05	3.4E-06	9.9E-08	7.0E-06	3.5E-06	2.8E-05	1.2E-06
DJE Enfant (1 - 2 ans)	3.5E-05	4.1E-06	6.7E-08	4.4E-06	6.8E-06	7.4E-05	1.7E-06
DJE Enfant (2 - 7 ans)	2.2E-05	2.6E-06	4.2E-08	2.8E-06	4.3E-06	4.6E-05	1.1E-06
DJE Enfant (7 - 12 ans)	6.8E-06	9.7E-07	2.1E-08	1.4E-06	1.5E-06	2.0E-05	4.7E-07
DJE Enfant (12 - 17 ans)	4.0E-06	5.7E-07	1.3E-08	8.6E-07	8.8E-07	1.2E-05	2.8E-07
DJE Enfant (moyenne)	1.7E-05	2.3E-06	4.8E-08	3.3E-06	3.4E-06	3.6E-05	9.3E-07
DJE Adulte (> 17 ans)	4.0E-06	6.3E-07	1.5E-08	1.1E-06	8.5E-07	9.8E-06	2.6E-07
DJE pondérée sur 53 ans	5.1E-06	7.3E-07	1.6E-08	1.1E-06	1.1E-06	1.2E-05	3.0E-07

7.4 CARACTERISATION DES RISQUES

Objectif

A partir des informations issues de l'évaluation des expositions des populations et de l'évaluation des propriétés toxiques des substances, l'évaluation des risques présente l'estimation de l'incidence et de la gravité des effets sur les populations.

La caractérisation des risques est la dernière étape de la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Elle consiste à confronter les concentrations ou doses auxquelles les populations sont exposées et les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sont évalués pour un individu. Les risques collectifs ne sont pas calculés.

7.4.1 Méthodologie

La caractérisation des risques étant établie à partir des valeurs toxicologiques de référence, elle se distingue, de la même façon que les VTR pour les composés à effet à seuil et pour les composés à effet sans seuil.

7.4.1.1 Substances à effets à seuil

Pour les polluants à seuil (atteinte d'un organe ou d'un système d'organes), il s'agit de calculer les quotients de danger (QD) qui sont le rapport entre les concentrations (CI, Concentration moyenne Inhalée) attendues dans l'environnement ou la Dose Journalière d'Exposition (DJE) et la Valeur Toxicologique de Référence (VTR) (Concentration ou Dose de Référence).

Le quotient de danger est donc le suivant :

Ingestion : $QD_j = DJE_j / VTR_o$

Inhalation : $QD_j = CI / VTR_i$

où : QD_j : Quotient de danger pour la classe d'âge j
DJE_j : Dose journalière d'Exposition pour la classe d'âge j (en mg/kg de poids corporel/jour)
VTR_o : Valeur Toxicologique de Référence pour la voie digestive (en mg/kg de poids corporel/jour)
CI : Concentration inhalée (en µg/m³)
VTR_i : Valeur Toxicologique de Référence par inhalation (en µg/m³)

En termes d'interprétation, lorsque ce quotient est inférieur à 1, la survenue d'effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

Pour l'exposition par ingestion, la DJE étant fonction des quantités ingérées, variables avec l'âge, il est calculé un QD pour chacune des 5 tranches d'âge entre 0 et 17 ans et pour les adultes (plus de 17 ans). Dans les tableaux de résultats, les résultats de ces cinq tranches d'âge d'enfants sont présentés dans le corps du rapport sous le terme « enfants » qui est une moyenne des cinq tranches d'âge de 0 à 17 ans inclus.

7.4.1.2 Substances à effets sans seuil

Pour les polluants cancérigènes génotoxiques et donc considérés sans seuil d'effet, le risque représente la probabilité de survenue d'effets nocifs chez un individu.

L'excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire (ERU) vie entière (conventionnellement 70 ans) par la dose journalière d'exposition (DJE) pour la voie digestive ou par la concentration atmosphérique inhalée (CI) pour l'inhalation.

L'Excès de Risque Individuel est donc le suivant :

Ingestion :

$$\text{ERI} = \text{VTR}_o \times \sum_j \frac{\text{DJE}_j \times T_j}{70}$$

Inhalation :

$$\text{ERI} = \text{VTR}_i \times \text{CI}$$

où : ERI : Excès de Risque Individuel

VTR=ERU : Excès de Risque Unitaire par ingestion (ERU_o en (mg/kg/j)⁻¹) ou par inhalation (ERU_i en (µg/m³)⁻¹). L'ERU correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m³ par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée.

CI : Concentration inhalée (en µg/m³)

DJE_j : Dose journalière d'Exposition pour la classe d'âge j (en mg/kg de poids corporel/jour)

T_j : durée d'exposition associée à la classe d'âge j (années)

En termes d'interprétation, l'ERI représente la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet néfaste chez un individu exposé pendant toute sa vie aux concentrations/doses du composé cancérigène, par rapport à un sujet non exposé.

Le niveau de risque cancérigène peut être comparé au risque de 1 pour 100 000 (ou 10⁻⁵), niveau repère, qualifié « d'acceptable », par différentes instances internationales.

L'acceptabilité des risques évalués s'apprécie ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas, bien entendu, de seuil absolu d'acceptabilité, mais il existe plusieurs valeurs de seuils pouvant servir de référence :

- aux USA, la valeur de 10⁻⁶ est considérée comme le seuil de risque acceptable en population générale, alors que la valeur de 10⁻⁴ est considérée comme limite acceptable en milieu professionnel. La valeur de 10⁻⁵ est souvent admise comme seuil d'intervention.
- en France, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire reprend dans la circulaire du 8 février 2007 ce seuil de 10⁻⁵ comme critère d'acceptabilité des niveaux de risque dans la gestion des sols pollués.
- ce seuil de 10⁻⁵ est également utilisé par l'OMS pour définir les valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air ;
- c'est également le seuil indiqué dans le guide INERIS de 2013 et dans la circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

7.4.1.3 Risque global

Pour tenir compte de l'exposition conjointe à plusieurs composés, l'InVS (2000), repris par l'INERIS (2013), recommande d'estimer le risque sanitaire global en sommant les risques de la façon suivante :

- pour les composés à effet à seuil : la somme doit être réalisée pour ceux dont la toxicité est identique en termes de mécanisme d'action et d'organe cible. Pratiquement, tous les composés ayant la même cible organique ont été regroupés car les données sur les mécanismes d'action des composés ne sont pas toujours connues ;
- pour les composés à effet sans seuil : la somme de tous les ERI doit être réalisée, quel que soit le type de cancer et l'organe touché, de façon à apprécier le risque cancérigène global.

7.4.2 Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil

Concernant les risques par inhalation, le Tableau 63 présente les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) **dans la zone habitée la plus exposée** (habitation sud-ouest, point 4), et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) (cf. paragraphe 7.1.3.3) retenues pour l'exposition par voie respiratoire. Les QD sont classés par ordre décroissant.

Pour tous les traceurs de risque à seuil pour la voie respiratoire, le QD est inférieur à la valeur repère égale à 1. L'arsenic est la substance présentant le QD le plus élevé avec une valeur de 0,26 dans la zone habitée la plus exposée (inférieur à la valeur repère). Pour rappel, l'arsenic a été assimilé à de l'arsenic inorganique, sa forme la plus toxique (hypothèse majorante).

Tableau 63 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation

Quotient de Danger par inhalation				
Atteintes systémiques	Substances	VTR (µg/m ³)	Dose d'exposition (µg/m ³) (Zone habitée la plus exposée)	Quotient de Danger (Zone habitée la plus exposée)
Développement, système nerveux, peau	Arsenic	0.015	3.9E-03	2.6E-01
Développement	Benzo(a)pyrène	2.00E-03	4.0E-04	2.0E-01
Système nerveux	Mercure	0.03	1.9E-04	6.4E-03
Système respiratoire	H ₂ S	2	1.1E-02	5.3E-03
Système sanguin, système nerveux	Plomb	0.9	3.9E-03	4.3E-03
Système respiratoire	Nickel	0.09	3.8E-04	4.3E-03
Système respiratoire	Cadmium	0.3	1.9E-04	6.4E-04
Système respiratoire	Formaldéhyde	123	5.8E-02	4.7E-04
Système rénal	Cadmium	0.45	1.9E-04	4.2E-04
Système immunitaire	Benzène	10	3.8E-03	3.8E-04
Système hépatique	1,2 dichloroéthane	3000	8.7E-04	2.9E-07

Concernant les risques par ingestion, le Tableau 64 présente les Quotients de Danger (QD) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition (DJE) estimées **dans la zone agricole la plus exposée**, et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) (cf. paragraphe 7.1.3.3) retenues pour l'exposition par voie digestive. Les QD sont classés par ordre décroissant.

Pour toutes les substances à risque à seuil pour la voie digestive, les QD sont très inférieurs à la valeur repère égale à 1. Le plomb est la substance présentant le QD le plus élevé avec une valeur de 0,057 pour un enfant, valeur inférieure à la valeur repère.

Tableau 64 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion

Quotient de Danger par ingestion						
Atteintes systémiques	Substances	VTR (mg/kg/j)	Dose d'exposition (mg/kg/j) (Zone agricole la plus exposée)		Quotient de Danger (Zone agricole la plus exposée)	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Système sanguin, système nerveux	Plomb	6.30E-04	3.6E-05	9.8E-06	5.7E-02	1.6E-02
Peau	Arsenic	4.50E-04	1.7E-05	4.0E-06	3.8E-02	8.8E-03
Système rénal	Cadmium	3.60E-04	2.3E-06	6.3E-07	6.4E-03	1.7E-03
Système rénal	Mercure inorganique	6.60E-04	3.3E-06	1.1E-06	5.0E-03	1.7E-03
Développement	Benzo(a)pyrène	3.00E-04	9.3E-07	2.6E-07	3.1E-03	8.7E-04
Développement	Nickel	2.80E-03	3.4E-06	8.5E-07	1.2E-03	3.0E-04
Développement	Méthylmercure	1.00E-04	4.8E-08	1.5E-08	4.8E-04	1.5E-04

Le Tableau 65 synthétise les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs du risque et par organe cible.

Tableau 65 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par organe cible

Atteintes systémiques	Substances	Voies d'exposition	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$)	Quotient de Danger	
				Enfant	Adulte
Système respiratoire	H2S	Inhalation	2	5.3E-03	
	Formaldéhyde	Inhalation	123	4.7E-04	
	Cadmium	Inhalation	0.3	6.4E-04	
	Nickel	Inhalation	0.09	4.3E-03	
	QD Global			0.011	
Système immunitaire	Benzène	Inhalation	10	3.8E-04	
	QD Global			0.00038	
Système hépatique	1,2 dichloroéthane	Inhalation	3000	2.90E-07	
	QD Global			0.00000029	
Système rénal	Cadmium	Inhalation	0.45	4.2E-04	
	Cadmium	Ingestion	0.00036	6.4E-03	1.7E-03
	Mercurure inorganique	Ingestion	0.00066	5.0E-03	1.7E-03
	QD Global			0.012	0.004
Système nerveux	Mercurure	Inhalation	0.03	6.4E-03	
	Arsenic	Inhalation	0.015	2.6E-01	
	Plomb	Inhalation	0.9	4.3E-03	
	Plomb	Ingestion	0.00063	5.7E-02	1.6E-02
	QD Global			0.33	0.29
Peau	Arsenic	Inhalation	0.015	2.6E-01	
	Arsenic	Ingestion	0.00045	3.8E-02	8.8E-03
	QD Global			0.30	0.27
Système sanguin	Plomb	Inhalation	0.9	4.3E-03	
	Plomb	Ingestion	0.00063	5.7E-02	1.6E-02
	QD Global			0.06	0.02
Développement	Méthylmercurure	Ingestion	0.0001	4.8E-04	1.5E-04
	Arsenic	Inhalation	0.015	2.6E-01	
	Nickel	Ingestion	0.0028	1.2E-03	3.0E-04
	Benzo(a)pyrène	Inhalation	0.002	2.0E-01	
	Benzo(a)pyrène	Ingestion	0.0003	3.1E-03	8.7E-04
	QD Global			0.46	0.46
VALEUR REPERE				1	

Les sommes des Quotients de Danger calculées par organe cible sont toutes inférieures à la valeur repère égale à 1.

La survenue d'effets toxiques liés au pôle environnemental apparaît donc peu probable. Les risques liés aux toxiques à effets à seuil induits par le projet peuvent être considérés comme acceptables.

7.4.3 Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil

Le Tableau 66 présente les Excès de Risque Individuel calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) pour l'exposition par voie respiratoire et des Doses Journalières d'Exposition (DJE) pour l'exposition par voie orale, et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues (cf. paragraphe 7.1.3.3). Les résultats sont présentés **dans la zone habitée la plus exposée (inhalation) et dans la zone agricole la plus exposée (ingestion)**. Les ERI sont classés par ordre décroissant. Afin d'apprécier le risque cancérigène global, le tableau présente également l'excès de risque individuel global (obtenu en additionnant les excès de risque individuel de chaque substance).

Tableau 66 : excès de Risque Individuel pour les traceurs du risque sans seuil

Substances	Voies d'exposition	VTR (($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ ou (mg/kg/j) ⁻¹)	Dose d'exposition ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou (mg/kg/j))	Excès de Risque Individuel (ERI)
Arsenic	Ingestion	1.50E+00	5.1E-06	7.7E-06
Arsenic	Inhalation	1.50E-04	3.0E-03	4.4E-07
Benzo(a)pyrène	Ingestion	1.00	3.0E-07	3.0E-07
Benzo(a)pyrène	Inhalation	6.00E-04	3.0E-04	1.8E-07
Plomb	Ingestion	8.50E-03	1.2E-05	1.0E-07
Nickel	Inhalation	2.60E-04	2.9E-04	7.6E-08
Benzène	Inhalation	2.60E-05	2.9E-03	7.5E-08
Plomb	Inhalation	1.20E-05	2.9E-03	3.5E-08
1,2 dichloroéthane	Inhalation	3.40E-06	6.6E-04	2.2E-09
ERI Global				8.9E-06
VALEUR REPERE				1.0E-05

Les Excès de Risque Individuel calculés pour chaque traceur du risque sont tous inférieurs à la valeur repère égale à 1.10^{-5} (valeur retenue dans la circulaire du 8 février 2007 du MEEDDAT).

De même en sommant les ERI, l'Excès de Risque Individuel Global qui permet d'apprécier le risque cancérigène global est plus faible que la valeur repère.

Les risques sans seuil liés aux rejets du pôle environnemental peuvent donc être considérés comme acceptables.

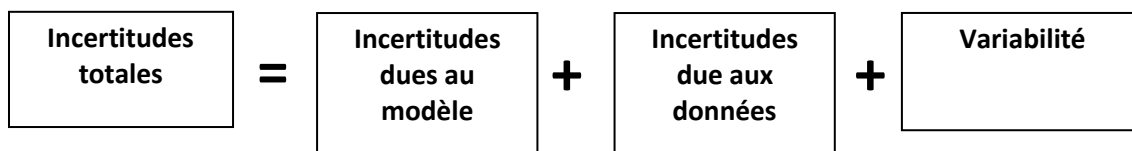
7.5 INCERTITUDES

Ce chapitre a pour objectif d'inventorier les incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires ou aux hypothèses retenues dans les différentes étapes.

Les incertitudes sont classées en fonction de l'influence qu'elles peuvent avoir sur les résultats d'évaluation des risques sanitaires, chaque fois que cette précision peut être apportée.

7.5.1 Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique

Les incertitudes liées à la modélisation de pollution de l'air ont été définies (Morgan M.G, 1990) comme étant le cumul, au prorata de leurs contributions, des incertitudes des différentes données nécessaires au fonctionnement du modèle et au modèle lui-même. Ces incertitudes peuvent être résumées par l'équation ci-dessous :



Pour d'autres auteurs, elles ont pour origine trois sources majeures (Hanna, 2004) en ce qui concerne la modélisation de la qualité de l'air :

- la variabilité des résultats due aux fluctuations naturelles de la concentration dans l'atmosphère (turbulence aléatoire). Ce type d'incertitude sera présent dans n'importe quel modèle prenant en compte des phénomènes météorologiques ;
- les erreurs sur les données d'entrées : émissions, données sur les instruments de mesures ou manque de représentativité des instruments de mesures par exemple ;
- les erreurs dues à la représentation de la physique dans les modèles soit dues à des erreurs de formulation soit dues à des incertitudes dans les paramètres utilisés dans les formulations.

7.5.1.1 Incertainces liées au modèle : validation du modèle ARIA Impact

Afin de déterminer les incertitudes sur le modèle ARIA Impact, diverses comparaisons avec des campagnes de mesures ont été effectuées :

- étude RECORD (Perkins, 2005) concernant l'application de plusieurs modèles gaussiens sur deux campagnes de mesures internationales : la campagne « Prairie Grass », représentative d'un rejet au sol en milieu rural et la campagne « Indianapolis » relative à un rejet de cheminée en milieu urbain. Les résultats de cette étude sont disponibles à l'adresse web suivante http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth_record03-0805_2A.pdf. Les résultats de cette étude montrent qu'en milieu rural et pour un rejet au sol, ARIA Impact a tendance à sous-estimer légèrement (17%) les mesures avec un coefficient de corrélation aux mesures tout à fait acceptable. En milieu urbain, ARIA Impact a tendance à surestimer les concentrations (1%) mesurées avec un coefficient de corrélation moins performant (0.37) mais correspondant à la meilleure corrélation obtenue parmi des modèles testés ;
- étude ARIA Technologies pour le SPPPI Dunkerque concernant l'application du modèle ARIA Impact à l'ensemble de la zone industrielle de Dunkerque pour les rejets de SO₂. Les

comparaisons aux capteurs du réseau OPAL'AIR ont montré un ratio modèle/mesures pour la concentration de 0.95 en moyenne ;

- étude AFSSA des retombées en dioxines et PCB à proximité de plusieurs incinérateurs français basée sur une comparaison des dépôts calculés par ARIA Impact avec une campagne de mesures terrain. Les résultats ont été estimés satisfaisants ;
- comparaison des résultats de déposition obtenus par le modèle ARIA Impact autour d'une installation industrielle émettant du fluor en prenant en compte des rejets canalisés et surfaciques. Le ratio modèle/mesures obtenu est de 84%.

ARIA Impact a obtenu de bonnes performances dans le cadre de plusieurs campagnes de mesures in situ, ce qui est un gage de qualité.

7.5.1.2 Incertitudes liées aux données d'entrée

Les données d'entrées du modèle sont de trois natures :

- les émissions ;
- la météorologie ;
- les paramètres du modèle choisis.

7.5.1.2.1 Incertitudes liées aux émissions

La concentration calculée par le modèle à une échéance donnée est directement proportionnelle aux flux émis par l'installation pour chaque polluant. Les approximations faites au niveau des émissions ont donc un impact direct sur les concentrations et dépôts calculés.

Les émissions ont été quantifiées en prenant systématiquement des hypothèses majorantes. Notamment, les Valeurs Limites à l'Emission (VLE) ont été privilégiées pour le calcul des émissions (torchère et moteurs).

7.5.1.3 Incertitudes liées aux mesures météorologiques

Les données météorologiques sont issues des mesures de Météo-France. La station choisie a été qualifiée comme étant la plus représentative du site par Météo-France.

L'incertitude la plus grande dans la fourniture des données de Météo-France est l'incertitude sur la direction du vent qui est de +/- 5°. Ce manque de précision sur la direction de vent peut avoir pour incidence la surestimation des concentrations dans les 36 directions « mesurées » et une sous-estimation dans les zones entre deux données de direction « mesurées ». Cette incertitude est compensée dans le modèle ARIA Impact par l'ajout à chaque échéance météorologique d'une direction additionnelle aléatoire comprise entre -5° et +5° afin de mieux simuler les directions réelles.

Les précisions des mesures de vent d'un dixième m/s et celle de la température d'un dixième de degré Celsius sont largement suffisantes compte tenu de leur intervention dans les équations.

Les données de nébulosité sont exprimées en octas. Elles sont issues d'une observation « manuelle » de l'opérateur Météo-France. En l'absence de données, le modèle ARIA Impact compense ces données invalides en basculant sur une méthode simplifiée dite « vent/jour/nuit » où la classe de stabilité est répartie entre les classes légèrement instable à stable en fonction de la vitesse du vent et du jour ou de la nuit.

7.5.1.4 Incertitudes liées aux paramètres du modèle

Dans les modèles complexes prenant en compte de façon fine les géométries et ayant des paramétrisations fines des phénomènes physiques, l'incertitude liée au choix par l'utilisateur des

paramètres du modèle, c'est-à-dire des options de calcul mais également de la génération du maillage de calcul peut être grande. Des études ont montré qu'à données identiques, le même modèle mis en œuvre par deux équipes différentes pouvait conduire à des résultats présentant des écarts importants.

Dans le cadre de cette étude, le modèle ARIA Impact retenu est un modèle très simple dont l'essentiel des paramètres a été présenté dans le paragraphe 7.2.2.1.2. Les options du modèle retenues pour cette étude sont ceux qui ont été utilisés pour les études de validation du modèle définies ci-dessus. Les limites d'utilisation du modèle ont été respectées.

Concernant les paramètres liés aux polluants (vitesse de dépôt, coefficient de lessivage, type particulaire ou non), ces paramètres sont issus de l'état de l'art actuel des connaissances.

7.5.1.5 Incertitudes liées à la variabilité

Les phénomènes de turbulence de micro-échelle peuvent induire des fluctuations importantes des concentrations et des paramètres météorologiques. Le modèle ARIA Impact ne permet pas aujourd'hui de quantifier les fluctuations de concentrations autour de la concentration moyenne calculée. Ce type de calcul est possible avec des modèles plus sophistiqués.

7.5.2 Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires

7.5.2.1 Facteurs de sous-estimation des risques

Exposition par voie cutanée non considérée

Il n'existe pas de VTR spécifique à cette voie d'exposition. De plus, la transposition à partir des VTR pour les voies respiratoire et orale n'est pas recommandée (note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014). Cette sous-estimation n'a pas forcément d'impact sur les résultats d'évaluation des risques sanitaires, étant donné que l'absorption des polluants par voie cutanée est négligeable devant l'absorption par voies respiratoire et/ou digestive (surface d'échange plus importante et transferts facilités).

Exposition *via* l'ingestion d'eau

L'exposition *via* l'ingestion d'eau du robinet ou d'eau de baignade n'a pas été prise en compte dans l'étude. En effet, les transferts des composés dans les ressources en eau n'étant pas connus, le calcul des concentrations en composés dans le milieu hydrique n'a pu être établi. De plus, l'eau consommée à partir du robinet subit un traitement en usine d'eau potable qui lui confère une composition différente de celle de la ressource utilisée.

Bruits de fond

L'évaluation des risques sanitaires ne porte que sur l'impact du projet, et ne tient pas compte du bruit de fond dans le calcul des risques sanitaires.

7.5.2.2 Facteurs de surestimation des risques

La méthodologie pour estimer les risques sanitaires potentiels emploie par nature les principes de précaution et sont par défaut conservatrices.

Estimation des émissions

Les émissions ont été quantifiées en prenant systématiquement des hypothèses majorantes. Notamment, les Valeurs Limites à l'Emission (VLE) ont été privilégiées pour le calcul des émissions (moteurs, torchère).

Durée d'exposition

En absence de données sur le temps d'exposition des personnes, il est pris l'hypothèse qu'elles séjournent sur leur lieu d'habitation en permanence (365 j/an, 24h/24) pendant la durée de vie du pôle environnemental (53 ans). Cette hypothèse est majorante puisque les camions et engins pris en compte dans le calcul des concentrations ne circuleront plus pendant la phase de post-exploitation. De plus, les personnes ne seront pas exposées en permanence car elles sont amenées à se déplacer pour des raisons personnelles (congés, loisirs) et professionnelles.

Zone d'exposition

En première approche, les zones d'exposition étudiées correspondent à :

- Pour l'exposition par inhalation : zone habitée la plus exposée (première habitation au sud-ouest),
- Pour l'exposition par ingestion : zone agricole la plus exposée (en limite de site, au sud-ouest).

Ainsi, il a été fait l'hypothèse que des personnes séjournent en permanence (24h/24) dans la zone habitée la plus exposée et mangent, comme produits locaux, des produits cultivés/élevés dans la maille agricole où les dépôts sont les plus importants. **Cette hypothèse est très majorante (somme des cas les plus pénalisants) et n'est pas représentative d'une situation réelle.**

Pénétration des polluants dans les habitats

Il est posé l'hypothèse que les polluants ont un taux de pénétration dans les habitats de 100 %, ce qui est une hypothèse majorante pour les éléments traces.

7.5.2.3 Facteurs dont le sens d'influence sur les résultats n'est pas connu ou est variable

Constance des paramètres

Toutes les données utilisées (émissions, dispersion, transferts, exposition) sont supposées rester constantes pendant les années d'exposition futures étudiées.

Interactions des polluants

En absence de connaissances scientifiques suffisantes sur les interactions des polluants les uns par rapport aux autres et des conditions d'interactions en eux, il a été considéré que les polluants qui avaient la même cible organique et le même mécanisme d'action cumulaient leurs risques. En réalité, les polluants peuvent également avoir des effets antagonistes (dans ce cas nous aurions majoré les risques) ou synergiques (dans ce cas nous aurions minimisé les risques).

8. CONCLUSION

Dans le cadre d'une Demande d'Autorisation d'Exploiter du projet de pôle environnemental de Wayabo près de Kourou (Guyane), l'analyse des effets du projet sur la santé des populations riveraines doit être réalisée.

L'évaluation est menée en application à la circulaire GGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013.

Interprétation de l'Etat des Milieux

Le milieu « Air » est compatible avec tous les usages pour toutes les substances recensées dans l'inventaire des émissions atmosphériques du projet. Cependant, les concentrations de fond en particules PM10 restent élevées, principalement dues aux brumes du Sahara.

En l'absence de mesures dans les sols, il n'est pas possible de conclure sur la compatibilité du milieu Sol avec les usages qui en sont faits. C'est pourquoi, conformément au guide méthodologique de l'INERIS, une évaluation prospective des risques sanitaires est nécessaire afin d'évaluer les risques pour les populations, notamment en intégrant l'exposition par ingestion (transfert vers la chaîne alimentaire).

Evaluation des Risques Sanitaires

Compte tenu des rejets du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues pour la population dans cette étude sont :

- l'inhalation,
- l'ingestion de sol,
- l'ingestion de viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers, et de fruits et légumes.

Un scénario d'exposition est étudié :

Scénario retenu	
Exposition par inhalation	Exposition 24h/24 pendant 53 ans dans la zone habitée la plus exposée (première habitation au sud-ouest)
Exposition par ingestion	Les produits consommés sont considérés comme étant cultivés/élevés sur la zone agricole la plus exposée (à proximité des limites du site)

Ainsi, on considère une personne qui séjourne en permanence (24h/24) dans la zone habitée la plus exposée et mange, comme produits locaux, des produits cultivés/élevés dans la zone agricole où les dépôts sont les plus importants. **Cette hypothèse est majorante et n'est pas représentative d'une situation réelle.**

Une étude de dispersion a été réalisée afin d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables aux installations du projet.

Le Tableau 67 résume les risques pour les effets à seuil par organe cible liés au site.

Tableau 67 : synthèse des risques à seuil (quotient de danger global par organe cible)

Organe cible	Polluants concernés	Quotient de Danger Global	
		Enfant	Adulte
Système respiratoire	H2S, Formaldéhyde, Cadmium, Nickel	0.011	
Système immunitaire	Benzène	0.00038	
Système hépatique	1,2 dichloroéthane	0.00000029	
Système rénal	Cadmium, Mercure inorganique	0.012	0.004
Système nerveux	Mercure, Arsenic, Plomb	0.33	0.29
Peau	Arsenic	0.30	0.27
Système sanguin	Plomb	0.06	0.02
Développement	Méthylmercure, Arsenic, Nickel, Benzo(a)pyrène	0.46	0.46
VALEUR REPERE		1	

Les Quotients de Danger calculés par organe cible sont tous inférieurs à la valeur repère égale à 1. **La survenue d'effets toxiques liés au pôle environnemental apparaît donc peu probable.**

Le Tableau 68 résume les risques pour les effets sans seuil liés au projet.

Tableau 68 : synthèse des risques sans seuil (Excès de Risque Individuel global)

Organe cible	Polluants concernés	Excès de Risque Individuel
Excès de Risque Individuel global	1,2 dichloroéthane, Benzène, Benzo(a)pyrène, Nickel, Plomb, Arsenic	8.9E-06
Valeur repère		1.0E-05

Les Excès de Risque Individuel calculés pour chaque traceur du risque sont tous inférieurs à la valeur repère égale à 1.10^{-5} (valeur retenue dans la circulaire du 8 février 2007 du MEEDDAT). De même en sommant les ERI, l'Excès de Risque Individuel Global qui permet d'apprécier le risque cancérigène global est plus faible que cette valeur repère. **Les risques sans seuil liés aux rejets du projet peuvent donc être considérés comme acceptables.**

Les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2) et les poussières ne disposent pas de valeur toxicologique de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'OMS (2005) pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Les concentrations attribuables aux émissions du site sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS en moyenne annuelle dans la zone habitée la plus exposée.

Conclusion

Les informations et données utilisées dans l'étude peuvent être considérées comme représentatives pour se prononcer sur le risque sanitaire. De plus, l'analyse des incertitudes a montré que les hypothèses prises en considération peuvent être considérées comme conservatives (majorantes).

La caractérisation des risques et l'analyse des incertitudes permettent de conclure que les risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du projet de pôle environnemental de Wayabo, peuvent être considérées comme acceptables.

ANNEXES

Annexe 1 : Campagne de mesure de polluants dans l'air ambiant réalisée par Rincent Air



POLE ENVIRONNEMENTAL DE WAYABO A KOUROU (973)

EVALUATION DE L'ETAT DES MILIEUX ET DES RISQUES SANITAIRES

Commanditaire :
Aria Technologies

Référence :
Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires

Date d'émission :
03/10/2017

Auteur :
François CAPE
francois.cape@rincent.fr
01 71 33 11 91

SOMMAIRE

1. CADRE DE L'ETUDE.....	9
2. DESCRIPTION DU PROJET	10
3. INVENTAIRE DES EMISSIONS	11
3.1 Rejets dans l'air	11
3.1.1 Recensement des sources d'émission et des substances émises	11
3.1.2 Quantification des émissions.....	15
3.1.3 Bilan des émissions atmosphériques.....	26
3.2 Rejets dans l'Eau	29
4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION	32
4.1 Populations	32
4.2 Populations sensibles.....	34
4.1 Réseau hydrographique	35
4.2 Usages autour du site.....	36
4.2.1 Occupation des sols	36
4.2.2 Usages agricoles	37
4.2.3 Activité de loisirs.....	38
4.2.4 Recensement des points d'eau.....	39
4.3 Météorologie.....	40
4.3.1 Données météorologiques	40
4.3.2 Analyse météorologique.....	41
4.4 Qualité de l'air	45
4.4.1 Réglementation de la qualité de l'air en France.....	45
4.4.2 Bilan de la qualité de l'air	48
5. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION	53
6. INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX (IEM)	56
6.1 Méthodologie	56
6.1.1 Présentation générale de la méthodologie de l'IEM	56
6.1.2 Etape 1 : détermination de la dégradation ou non du milieu	57
6.1.3 Etape 2 : comparaison aux valeurs de gestion disponibles	57
6.1.4 Etape 3 : grille de calcul IEM.....	57
6.1.5 Application au pôle environnemental de Wayabo	59
6.2 Etat du milieu « Air »	60
6.2.1 Campagne de mesure – Etat Initial.....	60
6.2.2 Comparaison avec l'environnement local témoin.....	62
6.2.3 Comparaison aux valeurs réglementaires de gestion	63
6.3 Conclusion	64
7. EVALUATION PROSPECTIVE DES RISQUES SANITAIRES	65
7.1 Choix des traceurs de risque, identification des dangers et relations dose-réponse.....	65
7.1.1 Substances émises par le site	65
7.1.2 Identification des dangers	65
7.1.3 Etude des relations dose-réponse	67
7.1.4 Choix des traceurs de risque	74
7.2 Etude de la dispersion atmosphérique	76
7.2.1 Données d'entrée	76

7.2.2	Détermination des concentrations dans l'air et des dépôts au sol.....	79
7.3	Evaluation de l'exposition humaine.....	90
7.3.1	Voies d'exposition	90
7.3.2	Exposition par inhalation.....	90
7.3.3	Exposition par ingestion	93
7.4	Caractérisation des risques.....	106
7.4.1	Méthodologie	106
7.4.2	Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil.....	108
7.4.3	Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil	111
7.5	Incertitudes	112
7.5.1	Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique.....	112
7.5.2	Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires.....	114
8.	CONCLUSION.....	116
ANNEXES	118	
Annexe 1 : Campagne de mesure de polluants dans l'air ambiant réalisée par Rincent Air	119	
I.	CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE	124
II.	METHODOLOGIE	124
III.	PLAN D'ECHANTILLONNAGE	125
IV.	CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE	127
V.	RESULTATS	128
VI.	ANNEXES	131
Annexe 2 : Description du modèle numérique ARIA Impact.....	134	
Annexe 3 : Cartes de concentration en moyenne annuelle	139	
Annexe 4 : Cartes de dépôts au sol	152	
Annexe 5 : Base de données CIBLEX.....	159	
Annexe 6 : Résultats par tranche d'âge de la caractérisation des risques sanitaires pour l'exposition par voie digestive.....	163	
Annexe 7 : Fiches toxicologiques	165	
	1,2-dichloroéthane (N° CAS : 107-06-2).....	166
	Arsenic (N° CAS : 7440-38-2).....	167
	Benzo(a)pyrène (N° CAS : 50-32-8)	168
	Benzène (N° CAS : 71-43-2).....	169
	Formaldéhyde (N° CAS : 50-00-0)	170
	Cadmium (N° CAS 7440-43-8)	171
	Chrome (N° CAS 7440-47-3).....	172
	Sulfure d'hydrogène (N° CAS : 7783-06-4).....	173
	Acide chlorhydrique (N° CAS 7647-01-0)	174
	Acide fluorhydrique (N° CAS 7664-39-3).....	175
	Manganèse (N° CAS 7439-96-5).....	176
	Mercuré (N° CAS 7439-97-6).....	177
	Monoxyde de carbone (N° CAS : 630-08-0)	178
	Nickel (N° CAS : 7440-02-0).....	179
	Dioxyde d'azote (N° CAS 10102-44-0).....	180
	Plomb (N° CAS 7439-92-1)	181
	Poussières (PM10 et PM2,5).....	182
	Dioxyde de soufre (N° CAS : 7446-09-5)	183
	Zinc (N° CAS 7440-66-6)	184



I. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Cette étude intervient dans le cadre du Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter d'un projet de pôle environnemental comprenant notamment une installation de stockage des déchets située sur la commune de Kourou en Guyane. Afin d'alimenter l'état initial, Rincent Air a réalisé une campagne de mesure de polluants atmosphériques dans l'environnement du site. Ce rapport présente la méthodologie mise en œuvre et les résultats obtenus.

II. METHODOLOGIE

II. 1. Polluants mesurés

L'Etude des Risques Sanitaires nécessite la mesure des polluants suivants :

- Dioxyde d'azote (NO₂)
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Poussières PM₁₀
- Benzène
- Sulfure d'hydrogène (H₂S)
- 1,2 dichloroéthane (DCE)

II. 2. Mesure des PM10

En se conformant aux méthodes réglementaires, les mesures de particules PM₁₀ en air ambiant nécessitent une instrumentation coûteuse et lourde à mettre en œuvre, notamment pour des besoins d'alimentation électrique. Ces contraintes ne permettent d'échantillonner simultanément qu'un nombre réduit de points de mesure et limite la localisation de leur emplacement. Dans le cadre de cette étude, une méthode alternative est donc proposée pour compléter les mesures de particules.

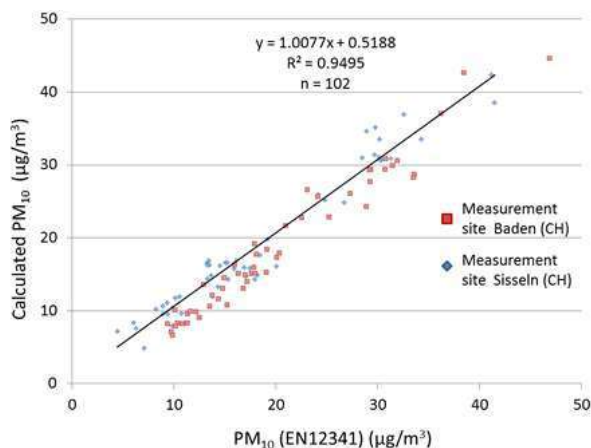
Cette méthode conforme à la norme allemande VDI 2119:2013 (mesure des particules de diamètre aérodynamique entre 2,5 et 80 µm) consiste à recueillir les particules de manière passive à l'aide de collecteurs pouvant être placés sur les supports verticaux du domaine public.

Les collecteurs contiennent un film adhésif sur lequel les particules se déposent par sédimentation.

L'analyse granulométrique des films par microscope électronique permet d'évaluer la teneur des PM₁₀ dans l'air ambiant au cours de la période d'exposition des films.


Le graphique ci-contre présente la comparaison des résultats de cette méthode avec la mesure réglementaire des PM₁₀ par gravimétrie (norme NF EN 12341).

Collecteur de PM10



II. 3. Mesure des composés gazeux

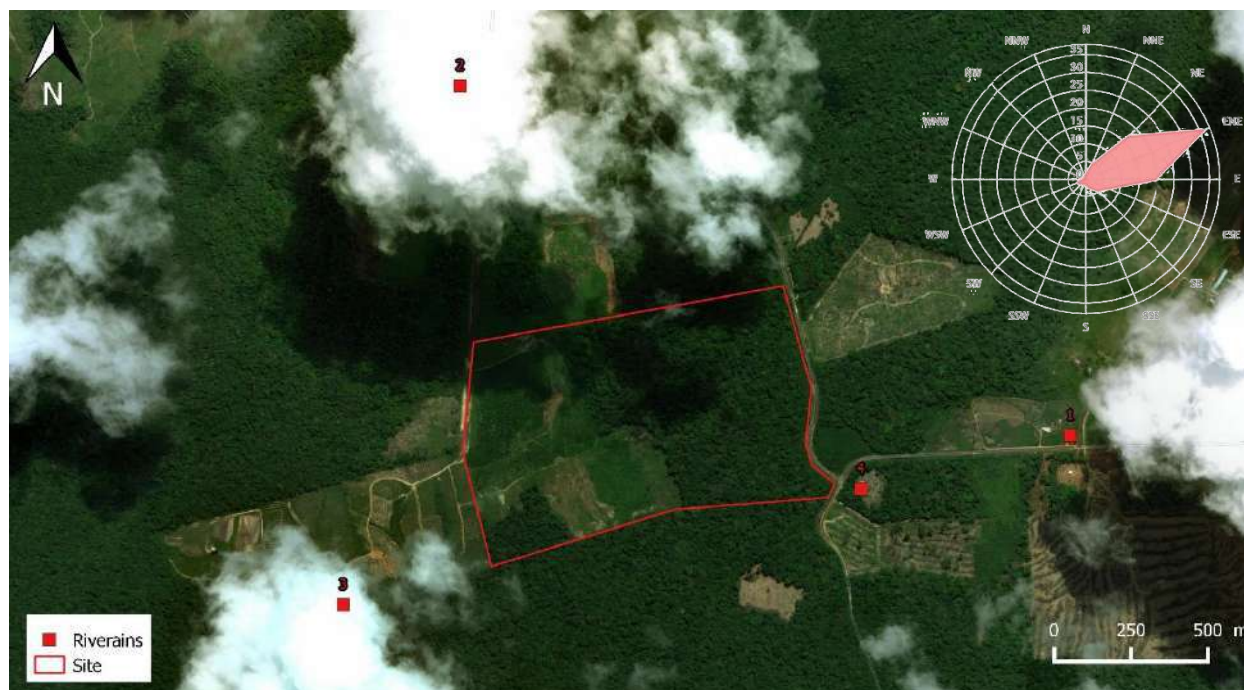
Ces mesures sont réalisées à l'aide de capteurs à diffusion passive. Cette méthode consiste à prélever les composés gazeux par diffusion naturelle de l'air sur un adsorbant. Le débit de piégeage de chaque molécule est connu, ce qui permet de calculer une concentration moyenne à partir de la masse de polluants déposés. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de la méthode pour chaque type de capteurs utilisé :

Capteur	Paramètre	Adsorbant	Analyse	Méthode de référence
	benzène 1,2-dichloroéthane	Charbon graphité Carbograph 4	Chromatographie en phase gazeuse/ spectrométrie de masse(ATD/GC/MS)	Norme AFNOR NF EN ISO 16017-2 ³⁸
	H ₂ S	Acétate de zinc	Spectrophotométrie visible	Norme AFNOR NF EN 13528-1 ³⁹
	NO ₂ SO ₂	Triéthanolamine	Chromatographie ionique	Norme AFNOR NF EN 13528-1

III. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

III. 1. Plan d'échantillonnage

Le plan ci-dessous présente la zone du projet ainsi que les riverains les plus proches du site et la rose des vents indiquant l'origine des vents dominants. Une visite sur site permet de localiser quatre habitations isolées dans l'environnement du projet :



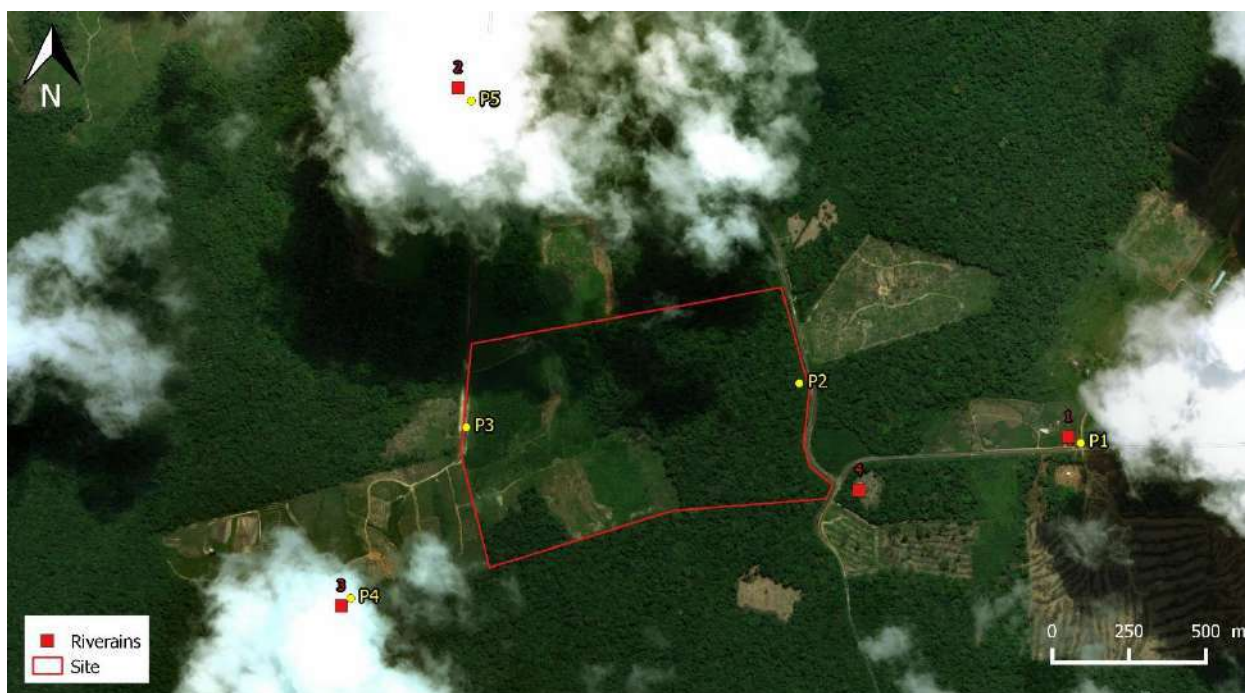
En fonction des différentes situations d'exposition par rapport aux vents, 5 points de mesure ont été disposés aux abords du site :

³⁸ NF EN ISO 16017-2 : Air intérieur, air ambiant, et air des lieux de travail : échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/ désorption thermique /chromatographie en phase gazeuse sur capillaire – Partie 2 : échantillonnage par diffusion (octobre 2003)

³⁹ NF EN 13528-1 : Qualité de l'air ambiant : Échantillonneurs par diffusion pour la détermination de la concentration des gaz et vapeurs – Prescriptions et méthodes d'essai Partie 1 : Prescriptions générales (avril 2003)

- P1 : Au niveau du riverain situé en amont des vents dominants (riverain n°1)
- P2 : A l'entrée du site en amont des vents dominants
- P3 : En bordure de site en aval des vents dominants
- P4 : Au niveau du riverain situé en aval des vents dominants (riverain n°3)
- P5 : Au niveau du riverain situé au nord du site, hors des vents dominants (riverain n°2)

Le plan ci-dessous présente l'implantation des points de mesure. Les photographies des dispositifs sont présentées en annexe 1.



NB1 : le point P2 est équipé de plusieurs capteurs au même emplacement afin d'évaluer la répétabilité de la mesure.

NB2 : pour chaque famille de polluants, des capteurs non exposés sont transportés avec les échantillons pour évaluer la contamination résiduelle liée au transport et au stockage des supports de prélèvement. Seule l'analyse des PM₁₀ n'inclut pas l'analyse d'un blanc de transport car ce type de capteur ne contient pas d'adsorbant et n'est donc pas soumis à ce biais éventuel.

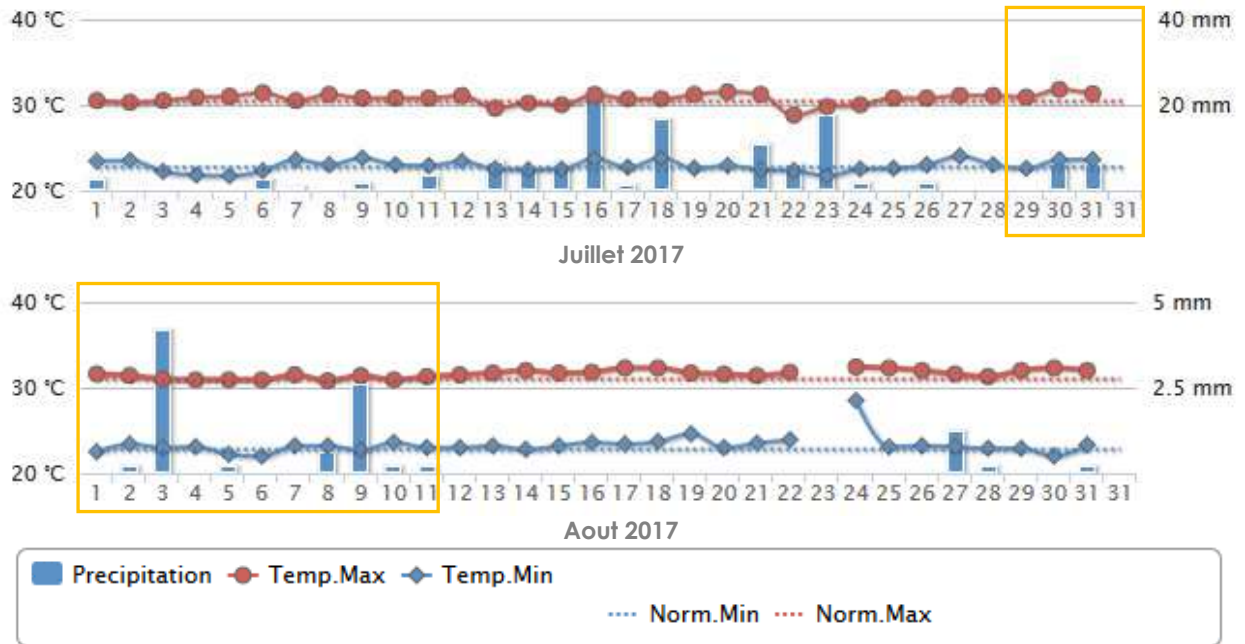
III. 2. Période de mesure

La campagne de mesure est réalisée du 29 juillet au 11 août 2017.

IV. CONDITIONS LORS DE LA CAMPAGNE

IV. 1. Températures et précipitations

Les données météorologiques sont acquises auprès de la station Météo France de Kourou. Le graphique suivant présente les températures et précipitations durant la campagne de mesure.

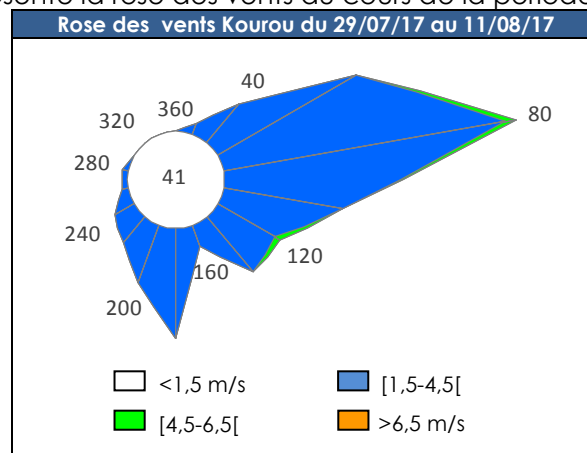


Les températures rencontrées au cours des mesures sont représentatives des normales saisonnières et caractérisent des maximales assez élevées.

A l'exception des 3 et 6 aout, des précipitations assez faibles sont observées pendant la campagne avec une moyenne journalière de 1,9 mm. L'été 2017 est par ailleurs peu pluvieux, avec une moyenne de 3,9 mm/j en juillet et 0,3 mm/j en aout contre des normales saisonnières de 4,8 mm/j en juillet et 2,8 mm/j en aout. Ces conditions ne laissent pas envisager une diminution des concentrations en particules en suspension due au lessivage de l'atmosphère.

IV. 2. Directions et vitesses de vent

Le graphique suivant présente la rose des vents au cours de la période de mesure :



La rose des vents présente un secteur est-nord-est très nettement majoritaire, ce qui est représentatif des normales et valide les conditions d'exposition recherchées par le plan d'échantillonnage. Une faible composante sud peut également être observée.

Les vitesses de vent enregistrées sont faibles, avec 41% de vents inférieurs à 1,5 m/s, et seulement 1% de vents supérieures à 4,5 m/s. Ces conditions caractérisent une dispersion lente de la pollution atmosphérique et sont favorables à un impact sur les points de mesure les plus proches des sources d'émissions de polluants.

IV. 3. Pollution atmosphérique

Le réseau local de surveillance de la qualité de l'air (ORA Guyane) dispose de trois stations de mesure permanentes permettant d'évaluer les concentrations des polluants atmosphériques au niveau de Kourou, Cayenne et Matoury. Le tableau ci-dessous présente les concentrations moyennes mesurées par ces stations au cours de la période de mesure par rapport à la moyenne annuelle 2015 (dernière année disponible pour les données).

Polluant	Site	Concentration pendant campagne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration annuelle 2015 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NO ₂	Kourou	NR	NR
	Cayenne	5	3
	Matoury	2	3
PM ₁₀	Kourou	9	28
	Cayenne	19	28
	Matoury	16	31
O ₃	Kourou	31	37
	Cayenne	34	33
	Matoury	23	34

Les concentrations en ozone et en dioxyde d'azote sont relativement proches entre la période de mesure et la moyenne annuelle 2015. En revanche la campagne est marquée par des teneurs en particules de 1,5 à 3 fois inférieures selon les sites.

V. RESULTATS

V. 1. Données brutes

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus sur les blancs ainsi que sur les réplicats réalisés au point P2 permettant d'établir la répétabilité de la méthode :

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
Polluant	NO ₂	SO ₂	benzène	1,2-DCE	H ₂ S
Blanc	<0,4	<0,6	<0,01	<0,01	<0,2
Ecart type réplicat	21%	7%	15%	NQ*	NQ*

*Non Quantifiable car aucune masse de polluant détectée

Les concentrations mesurées sur les blancs sont inférieures à la limite de quantification ce qui montre l'absence de contamination des capteurs pendant le transport. L'écart-type observé sur les capteurs NO₂ paraît assez élevé ce qui est dû aux faibles concentrations mesurées, mais il reste acceptable au sens de la réglementation européenne⁴⁰ qui indique qu'un écart jusqu'à 30% peut être accepté pour les mesures indicatives.

⁴⁰ Directive 2008/50/CE

Le tableau suivant présente les résultats obtenus sur les échantillons.

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
Polluant	NO ₂	SO ₂	benzène	1,2-DCE	H ₂ S	PM ₁₀
P1	7,5	0,9	0,09	0,04	<0,2	33,4
P2	0,8	0,7	0,07	<0,01	<0,2	49,2
P3	0,3	<0,6	0,05	<0,01	<0,2	27,6
P4	0,7	<0,6	0,22	<0,01	<0,2	NQ*
P5	0,5	<0,6	0,22	<0,01	<0,2	NQ*

*Non Quantifiable : saturation des capteurs par la présence de nids d'oiseaux dans la tête de prélèvement

V. 2. Cartographie

La carte ci-dessous illustre la répartition des concentrations des différents polluants mesurés :



A l'exception des teneurs en particules PM₁₀, les concentrations mesurées dans la zone d'étude sont actuellement très faibles.

Le point P1 présente les valeurs les plus importantes pour le NO₂, le SO₂ et le 1,2-DCE, ce qui s'explique par sa proximité avec une habitation (riverain n°1). Le passage de véhicules et l'activité résidentielle constituent en effet des sources d'émission potentielles de ces polluants.

Les concentrations de ces mêmes composés au point P2 sont légèrement plus importantes que sur les autres points, ce qui peut être lié à sa proximité avec P1 ou au passage de véhicules entrant sur le site. En revanche les concentrations en particules sont plus importantes sur P2. Etant donné l'environnement de la zone d'étude, une origine naturelle est à envisager pour les émissions de particules, avec un phénomène de remise en suspension à proximité de P2.

Le benzène est quant à lui légèrement supérieur sur les points P4 et P5, tous deux également situés à proximité d'une habitation.

Les concentrations les plus faibles sont mesurées sur P3, actuellement le moins exposé mais qui, à terme, devrait constituer le point le plus impacté en aval du site.

V. 3. Comparaison à la réglementation

Parmi les composés mesurés, le NO₂, le SO₂, le benzène et les PM₁₀ sont réglementés par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (loi LAURE n°96/1236 du 30 décembre 1996).

Les valeurs réglementaires applicables sont issues du décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010. Celui-ci fixe les différents seuils suivants :

Dioxyde d'azote NO ₂			
Type de seuil	Moyenne horaire	Moyenne tri-horaire	Moyenne annuelle
Valeur limite de protection de la santé	200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18h/an		40 µg/m ³
Objectif de qualité			40 µg/m ³
Seuil d'information	200 µg/m ³		
Seuil d'alerte		400 µg/m ³ ou 200 µg/m ³ si 200 µg/m ³ dépassé à J0 et J-1	
Valeur limite de protection végétation			30 µg/m ³

Dioxyde de soufre SO ₂			
Type de seuil	Moyenne horaire	Moyenne journalière	Moyenne annuelle
Valeur limite de protection de la santé	350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24h/an	125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 j/an	
Objectif de qualité			50 µg/m ³
Seuil d'information	300 µg/m ³		
Seuil d'alerte	500 µg/m ³ pendant 3 h consécutives		

Particules PM ₁₀		
Type de seuil	Moyenne journalière	Moyenne annuelle
Objectif de qualité		30 µg/m ³
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 j/an	
		40 µg/m ³
Seuil d'information et de recommandation	50 µg/m ³	
Seuil d'alerte	80 µg/m ³	

Benzène (C ₆ H ₆)	
Type de seuil	Moyenne annuelle
Objectif de qualité	2 µg/m ³
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5 µg/m ³

Seules les teneurs en particules mesurées au cours de la campagne dépassent les valeurs réglementaires, avec une concentration supérieure à la valeur limite sur P2 et à l'objectif de qualité sur P1. Il est cependant probable que la principale source d'émission des particules au niveau de la zone d'étude soit d'origine naturelle.

Les résultats obtenus pour les autres polluants, dans la limite de la durée de la campagne de mesure, sont très inférieurs aux valeurs réglementaires, et caractérisent actuellement une bonne qualité de l'air dans l'environnement du projet.

VI. ANNEXES

VI. 1. Annexe 1 : photographies des points de mesure

P1 :



P2 :



P3 :



P4 :



P5 :



Annexe 2 : Description du modèle numérique ARIA Impact

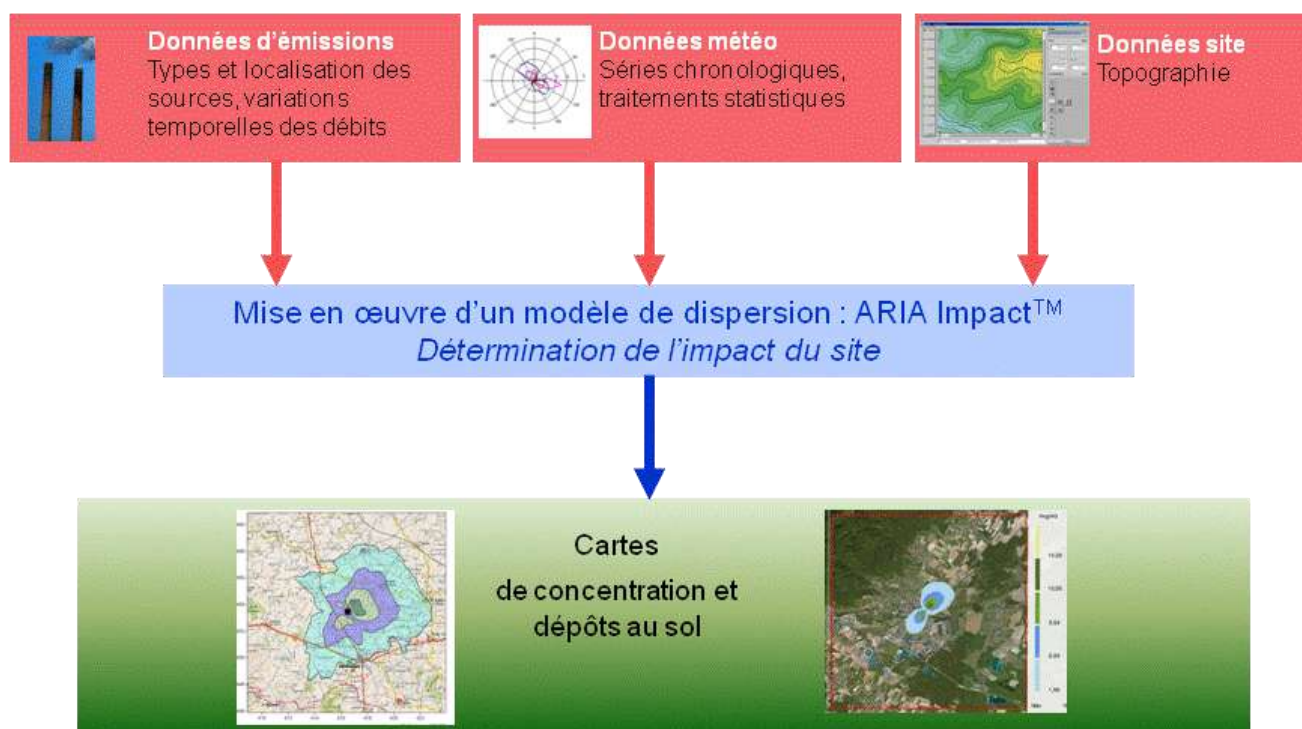
Présentation générale

ARIA Impact™ est un modèle de type "gaussien", conforme aux recommandations de l'E.P.A.⁴¹. ARIA Impact **répond également aux prescriptions de l'INERIS** pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE). C'est un logiciel de modélisation de la pollution atmosphérique qui permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française sur la qualité de l'air et européenne, et de fournir les éléments indispensables à :

- l'évaluation des risques sanitaires d'une installation industrielle (moyenne annuelle, centiles, dépôts),
- l'évaluation de l'impact olfactif (concentration d'odeurs, fréquences de dépassement de seuil),
- l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air d'un aménagement routier (moyenne annuelle, centiles).

ARIA Impact™ permet d'étudier **l'impact à long terme** d'une installation en reconstruisant l'impact statistique des émissions à partir d'une chronique météorologique réelle de plusieurs années. Cette approche donne, sur de longues périodes, des résultats cohérents avec les observations des réseaux de la surveillance de la qualité de l'air pour des distances supérieures à 100 mètres.

Le schéma ci-dessous présente la démarche qui est mise en œuvre dans les études d'impact :



⁴¹ Agence de l'environnement américain (Environment Protection Agency).

Fonctionnalités techniques

Logiciel multi-espèces et multi-sources

ARIA Impact™ permet de modéliser la dispersion de :

- de **polluants gazeux** (NO_x, SO₂...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM10, métaux lourds, dioxines...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués.
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de **polluants radioactifs**.

Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation :

- Des **sources ponctuelles** industrielles (incinérateur, centrale thermique...),
- Des **sources diffuses** ou volumiques (atelier de peinture, carrières...),
- Des **sources linéiques** (trafic automobile).

Choix de la météorologie adaptée à la complexité de l'étude

Plusieurs types de modélisation sont possibles avec le logiciel ARIA Impact™ :

- **Modélisation pour une situation particulière** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques pour une situation météorologique fixée par l'utilisateur (modélisation pour une vitesse de vent et une direction de vent données). Ce mode de calcul peut être utilisé par exemple pour étudier un cas de dysfonctionnement associé à une situation météorologique défavorable, une phase de démarrage, ou encore pour comparer des scénarios d'émissions entre eux.
- **Modélisation statistique depuis une rose des vents** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte les fréquences d'occurrence d'une rose des vents général. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, le centile 100 ou des fréquences de dépassement de seuil. Ce mode de calcul est bien adapté pour les polluants gazeux et si la marche de production et d'émissions est constante sur l'année.
- **Modélisation statistique à partir d'une base météorologique complète** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte une base complète de données météorologiques. Dans ce cas, un calcul académique est réalisé pour chaque échéance météorologique de la base de données. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, des centiles (98, 99.5 etc...) ou des fréquences de dépassement de seuil. Les statistiques sont donc réalisées à partir de la modélisation de chaque séquence météorologique horaire sur plusieurs années (8760 situations météo sur une année) ce qui permet de bien tenir compte des variations diurnes et saisonnières des concentrations.

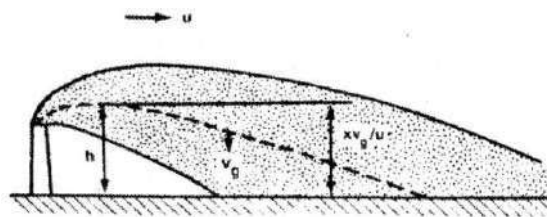
Variation temporelle des émissions

ARIA Impact™ permet de prendre en compte les variations temporelles des émissions. Les émissions peuvent varier en fonction de l'heure, du jour et du mois de l'année.

Il est également possible d'intégrer des périodes de fonctionnement particulières (arrêt technique, panne de fonctionnement du système de traitement des gaz...).

Dépôts au sol

ARIA Impact™ peut prendre en compte la chute de particules par effet gravitaire. Dans ce cas, la vitesse de chute est automatiquement calculée en fonction de la granulométrie et de la densité des particules, faisant varier l'axe d'inclinaison du panache. De plus, la vitesse de dépôt sec définie dans les caractéristiques des espèces permet de calculer les **dépôts secs**.



ARIA Impact™ permet également de prendre en compte le lessivage du panache par la pluie. Cette fonction permet de calculer les **dépôts humides** en plus des dépôts secs.

Dispersion par vents calmes

La prise en compte des vents calmes dans les calculs de dispersion implique l'utilisation d'un modèle plus performant (modèle 3D à bouffées gaussiennes). ARIA Impact™ intègre en standard un algorithme spécifique permettant de calculer l'impact des sources dans le cas de vents calmes, contrairement aux modèles gaussiens classiques.

Un vent est considéré calme lorsque la vitesse du vent est inférieure à 1 m/s.

Reconstitution de profils verticaux météorologiques

Dans le cas de cheminée, la surélévation du panache est calculée entre autres à partir de la vitesse du vent et de la température de l'air. Ces valeurs sont fournies dans la base de données météorologique. Cependant, ces données correspondent la plupart du temps à des mesures de station sol, c'est-à-dire qu'elles sont mesurées à environ 10 mètres du sol. Pourtant, les valeurs de vitesse de vent et de température observées au sommet de la cheminée peuvent varier de manière importante suivant la hauteur de celle-ci : par exemple, plus la cheminée est haute, plus la vitesse du vent est élevée au niveau du débouché.

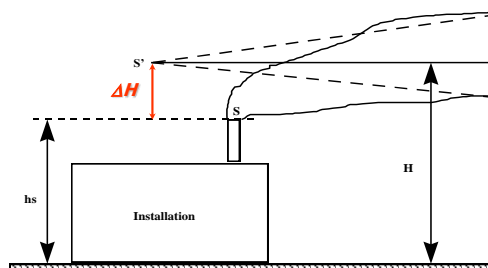
Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact™ peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures de vent au sol, de la turbulence atmosphérique et de l'occupation des sols, afin de connaître la vitesse du vent au niveau du débouché de la cheminée.

Prise en compte de la couche de mélange

ARIA Impact™ peut calculer la hauteur de couche de mélange à partir des données météorologiques horaires disponibles. Cette hauteur de mélange est alors prise en compte dans le calcul de dispersion par réflexion des panaches sur la couche de mélange.

Surélévation de panache issu de cheminée

Dans le cas de cheminée, lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surélévation du panache. En effet, les fumées de combustion vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. Tout se passe comme si l'émission des rejets se faisait à une hauteur réelle d'émission (hauteur de la cheminée) augmentée de la surhauteur due aux conditions d'éjection. ARIA Impact™ prend en compte les effets de la surélévation des fumées de cheminée. Plusieurs formulations permettant de calculer la surélévation des fumées sont codées dans ARIA Impact afin d'adapter la formule la plus adéquate au cas d'étude (Formule de Holland, Formule de Briggs, Formule de Concawe...).



Conversion des NOx en NO et NO₂

Dans le cas de la modélisation des émissions liées au trafic automobile, ARIA Impact™ contient un algorithme simple permettant de calculer les concentrations en NO et NO₂ à partir des concentrations en NOx, à l'aide de la formule de conversion de Middleton.

Prise en compte simplifiée de la topographie

ARIA Impact™ permet de prendre en compte de manière simplifiée les topographies peu marquées. Un algorithme simple permettant de prendre en compte le relief, sans faire appel à des calculs de vents tridimensionnels, peut être activé dans le module de calcul. Cet algorithme permet de rapprocher du relief l'axe du panache pour des atmosphères stables.

Envois de poussières

ARIA Impact™ contient un module spécifique pour le calcul des envolées de poussières fines, dans le cas d'un **stockage de poussières exposé au vent**.

Cette option permet d'estimer la quantité de poussières émises par une source surfacique en fonction de la rafale de vent, puis de modéliser la dispersion de ces poussières. Il peut s'agir par exemple d'un tas de charbon dont, par vent fort, les poussières fines vont s'envoler. Le calcul de la quantité émise de poussières passe par l'estimation du potentiel d'érosion du stockage, puis des facteurs d'émission fonction de la rafale de vent.

Résultats

Grandeurs calculées

ARIA Impact™ permet de calculer les grandeurs suivantes :

- **moyennes mensuelles et/ou annuelles** de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol,
- **fréquences de dépassement de seuils** en moyennes journalières ou horaires (normes françaises et européennes),
- **centiles 98, 99.8, 100** ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul prédéfinie (horaire, journalière, 8 heures...).

Les résultats de concentrations peuvent être exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ng/m^3 , pg/m^3 ou fg/m^3 pour les polluants classiques, en uo/m^3 pour les odeurs et en Bq/m^3 pour les polluants radioactifs.

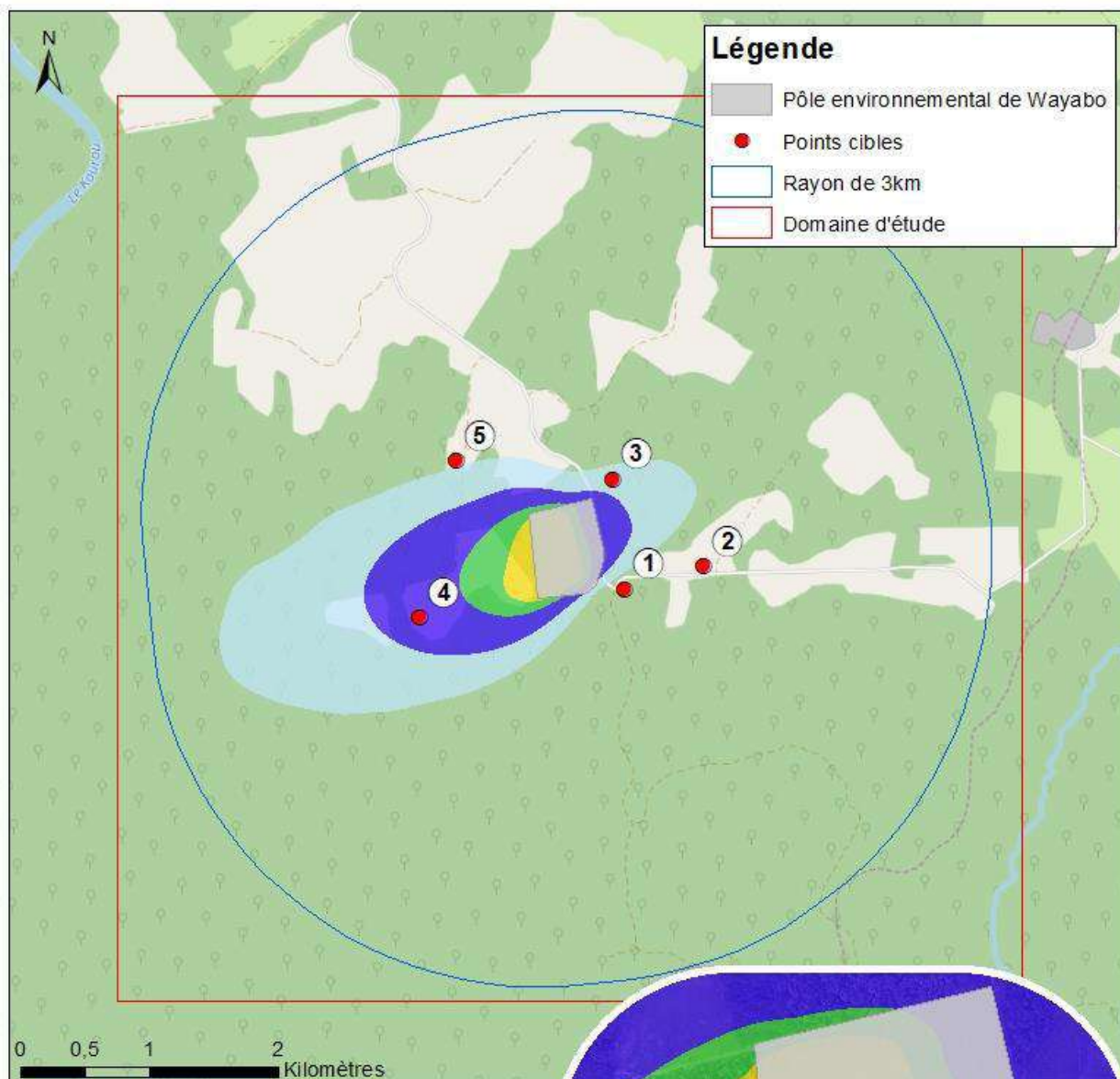
Cartographies

Les résultats obtenus avec ARIA Impact™ peuvent être présentés sous forme cartographique au format image, mais aussi en des formats numériques **compatibles** avec la plupart des **Systèmes d'Informations Géographiques** tels que Mapinfo, ArcView ou SURFER.

Un export des résultats vers **Google Earth** permet également de visualiser les résultats sur une photo aérienne directement avec le logiciel Google Earth.



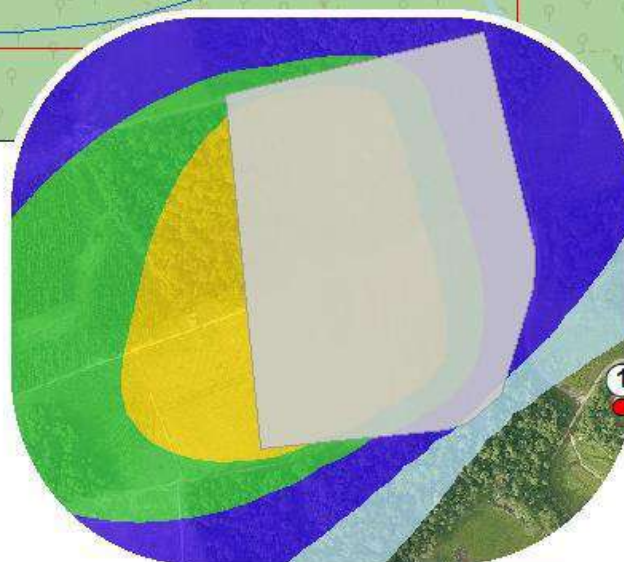
Annexe 3 : Cartes de concentration en moyenne annuelle

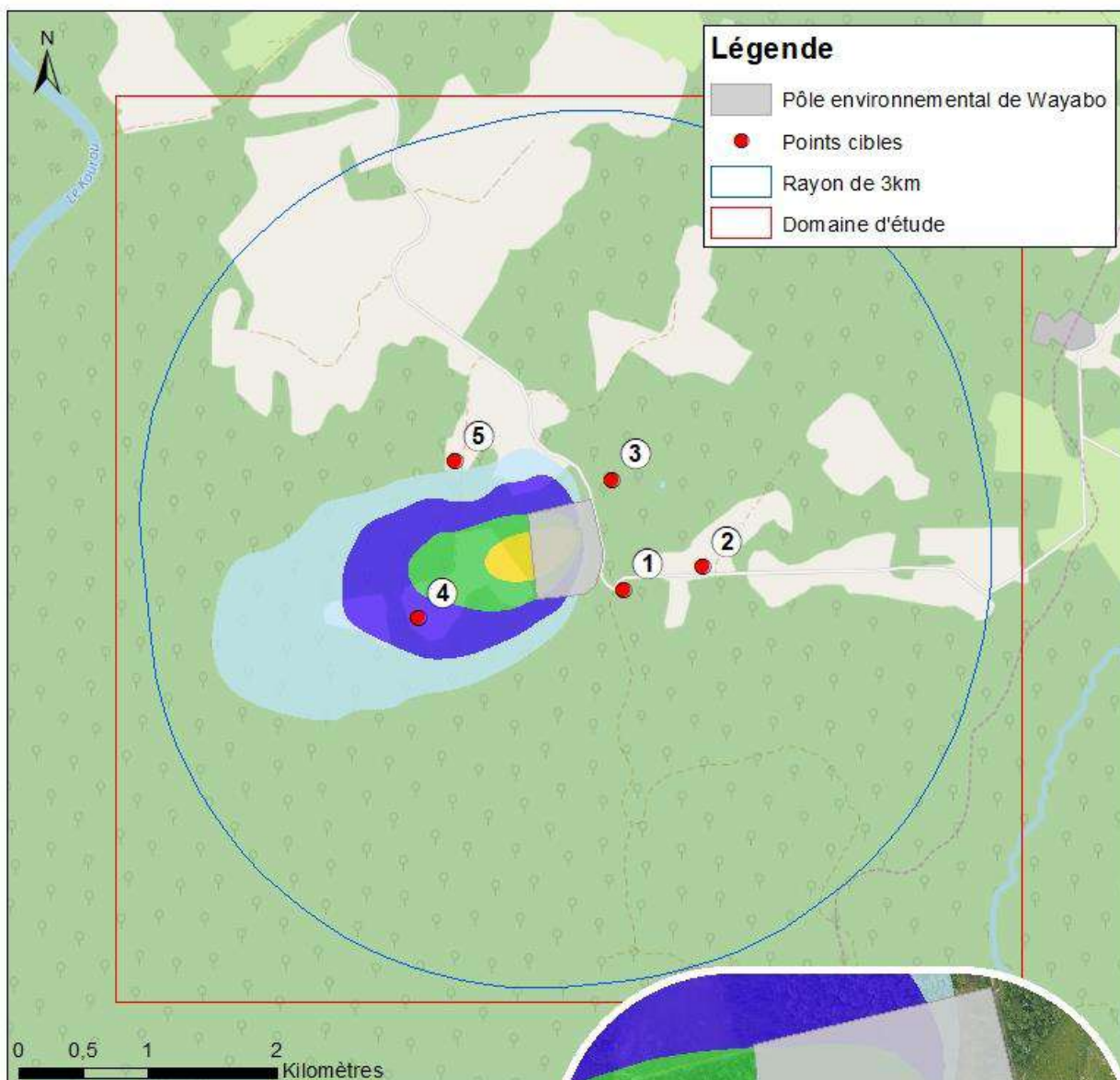


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

1,2 dichloroéthane

- $< 2,5\text{e-}004$
- $2,5\text{e-}004 - 5,5\text{e-}004$
- $5,5\text{e-}004 - 1,5\text{e-}003$
- $1,5\text{e-}003 - 3,0\text{e-}003$
- $> 3,0\text{e-}003$



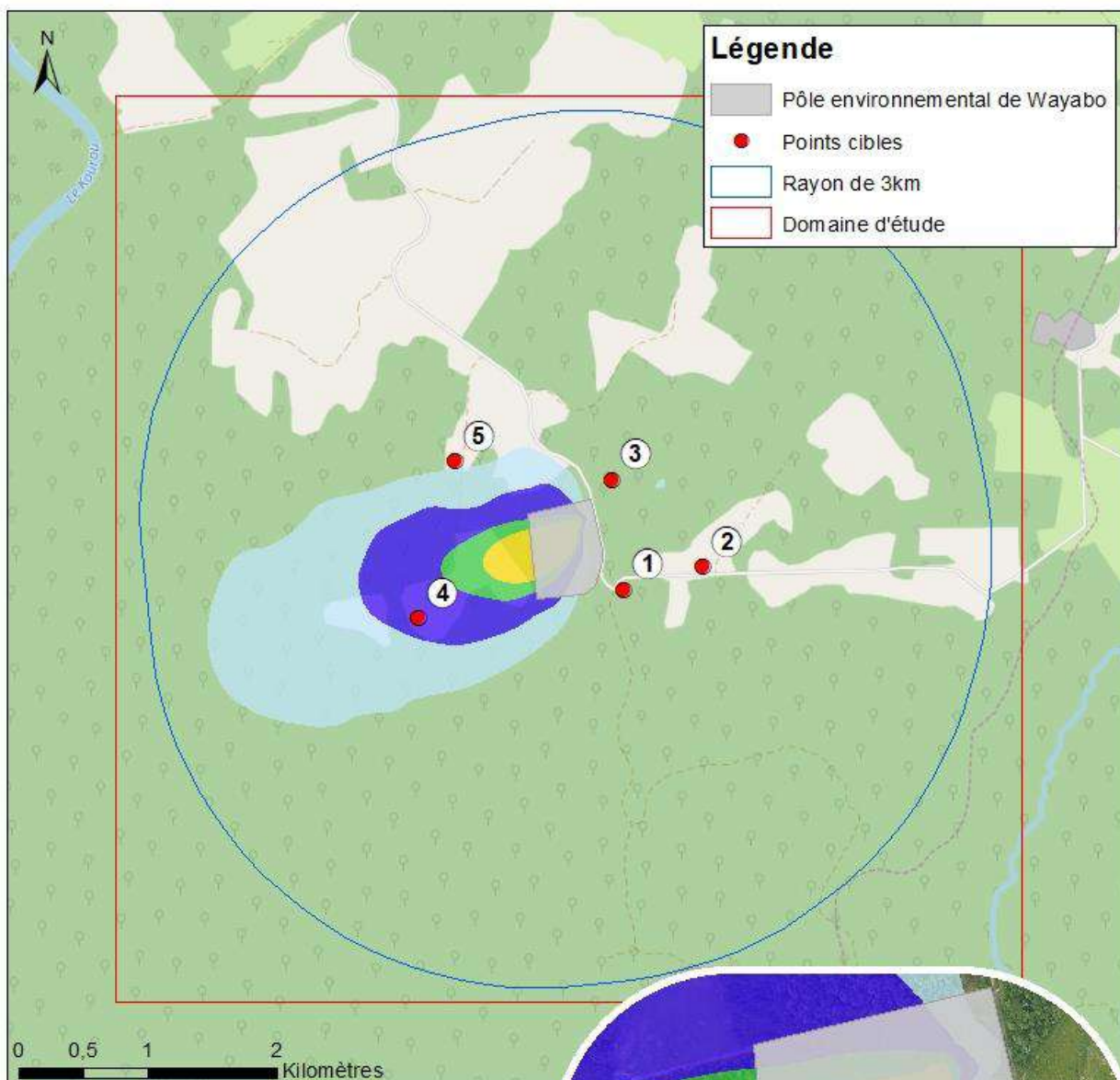


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Arsenic

- $< 1,5\text{e-}003$
- $1,5\text{e-}003 - 2,5\text{e-}003$
- $2,5\text{e-}003 - 5,0\text{e-}003$
- $5,0\text{e-}003 - 1,0\text{e-}002$
- $> 1,0\text{e-}002$

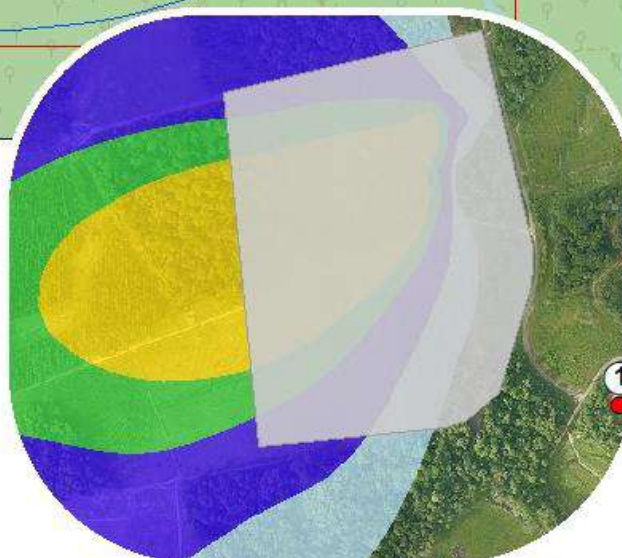


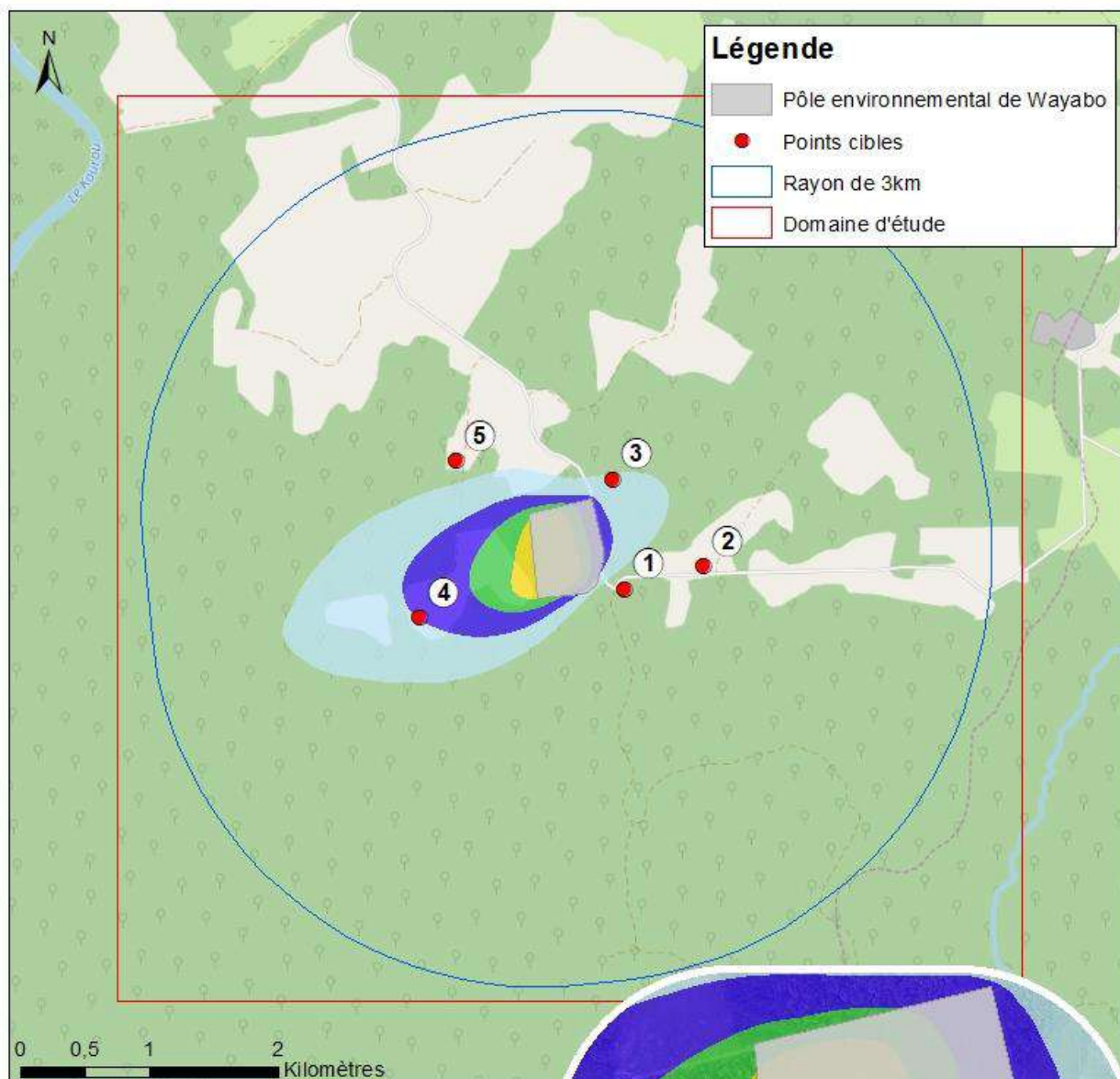


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Benzo(a)pyrène

- $< 1,5\text{e-}004$
- $1,5\text{e-}004 - 3,0\text{e-}004$
- $3,0\text{e-}004 - 6,5\text{e-}004$
- $6,5\text{e-}004 - 1,0\text{e-}003$
- $> 1,0\text{e-}003$

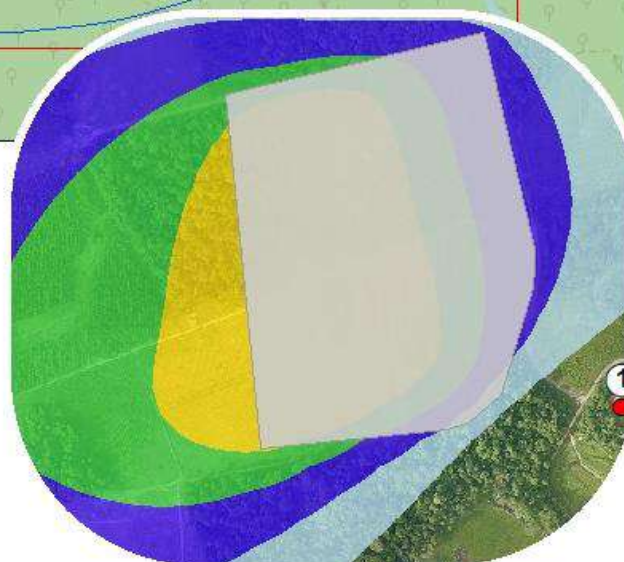


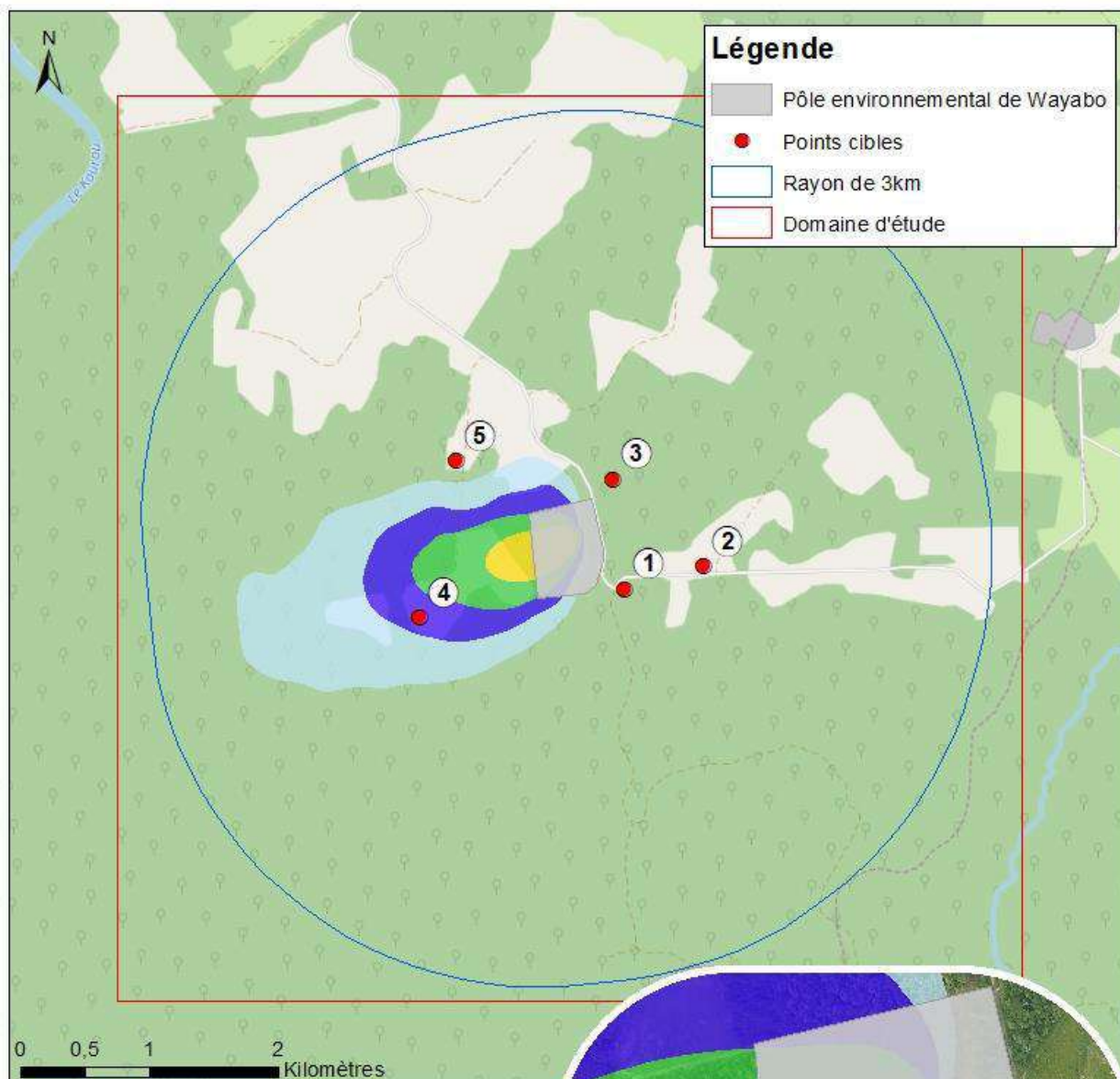


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Benzène





- $< 1,5\text{e-}003$
- $1,5\text{e-}003 - 3,5\text{e-}003$
- $3,5\text{e-}003 - 7,5\text{e-}003$
- $7,5\text{e-}003 - 1,5\text{e-}002$
- $> 1,5\text{e-}002$



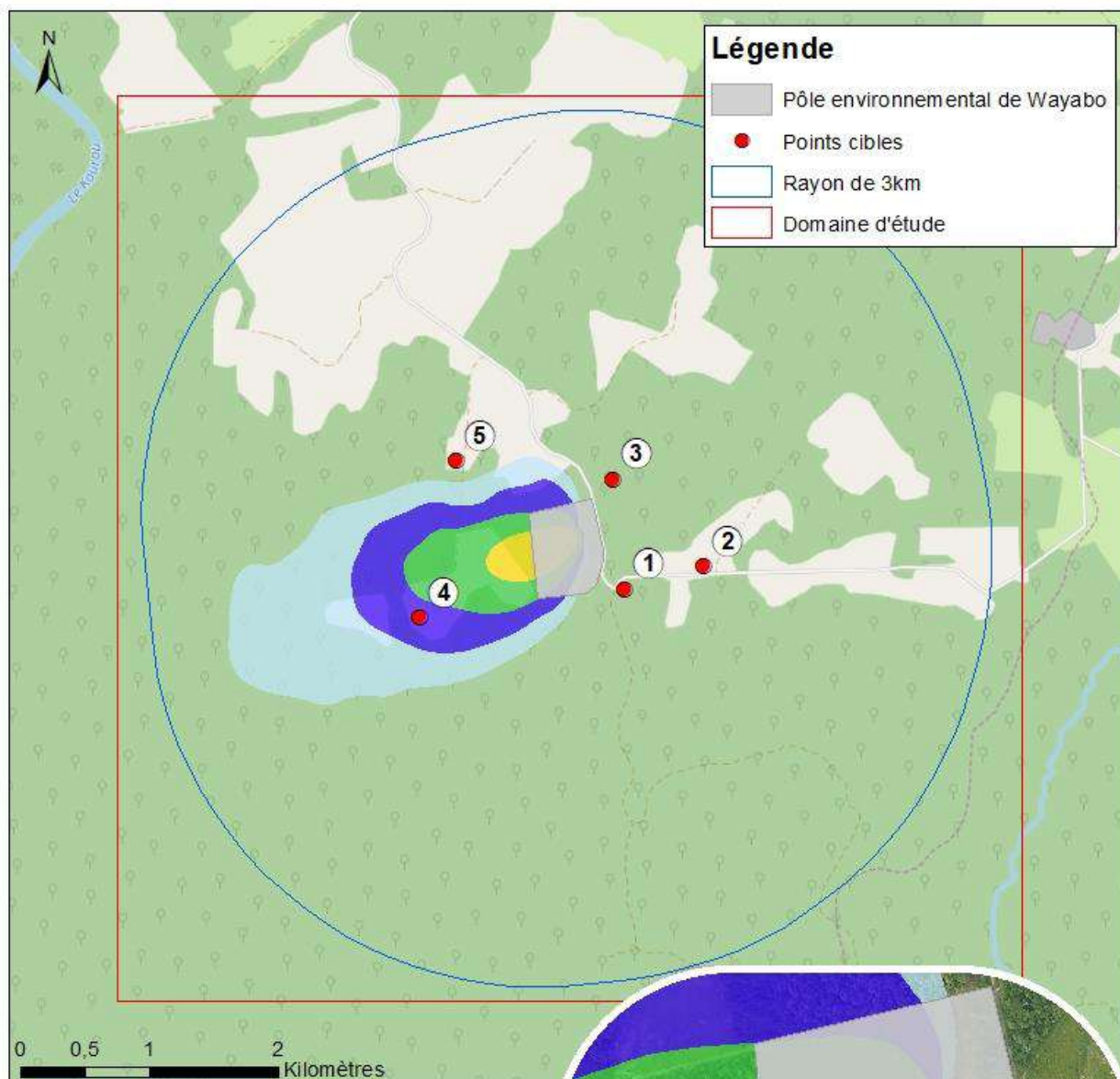


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Cadmium

-  $< 8,5\text{e-}005$
-  $8,5\text{e-}005 - 1,5\text{e-}004$
-  $1,5\text{e-}004 - 2,5\text{e-}004$
-  $2,5\text{e-}004 - 5,0\text{e-}004$
-  $> 5,0\text{e-}004$



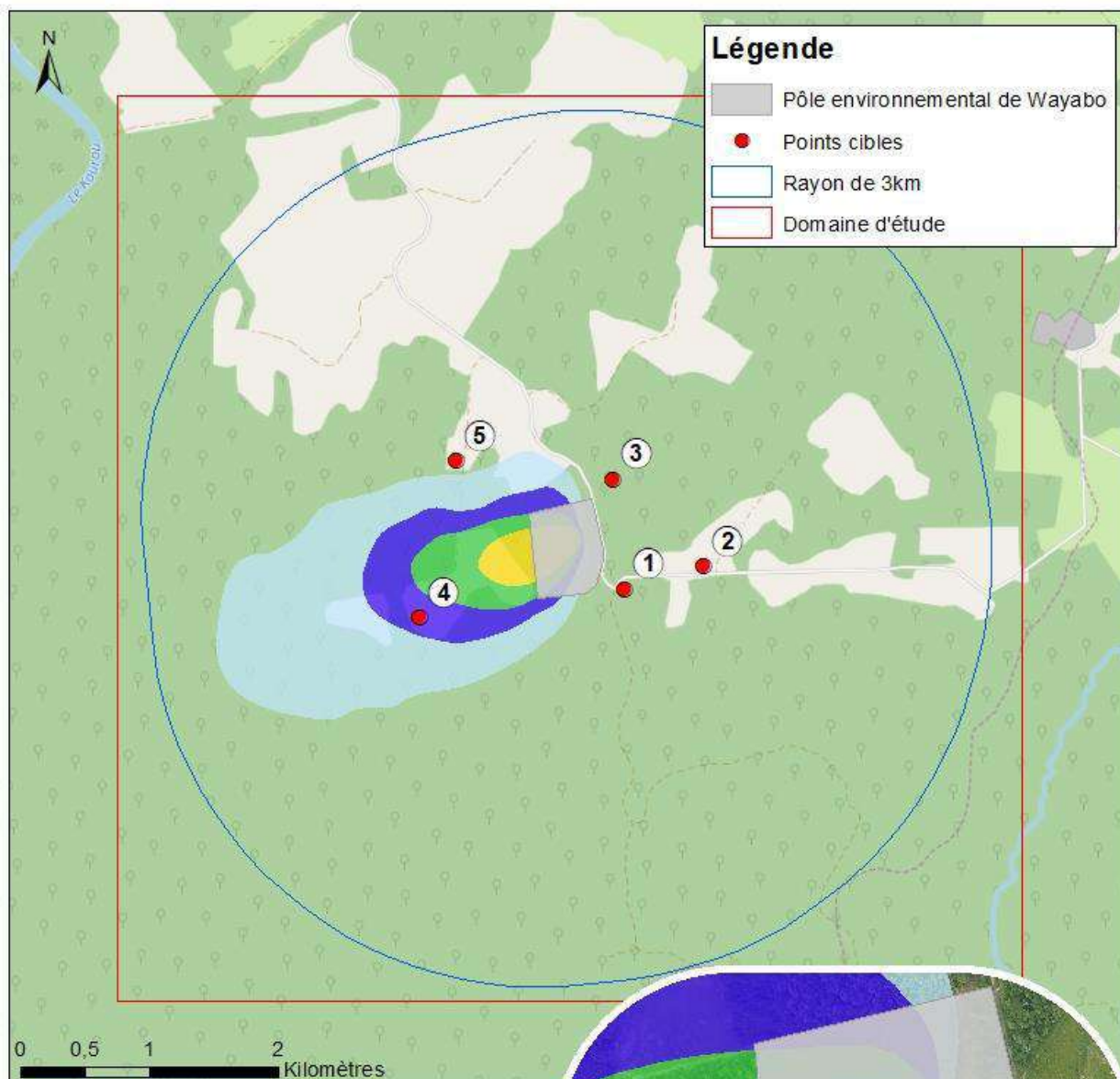


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Formaldéhyde

- < $2,5\text{e-}002$
- $2,5\text{e-}002$ - $4,0\text{e-}002$
- $4,0\text{e-}002$ - $7,0\text{e-}002$
- $7,0\text{e-}002$ - $1,5\text{e-}001$
- > $1,5\text{e-}001$

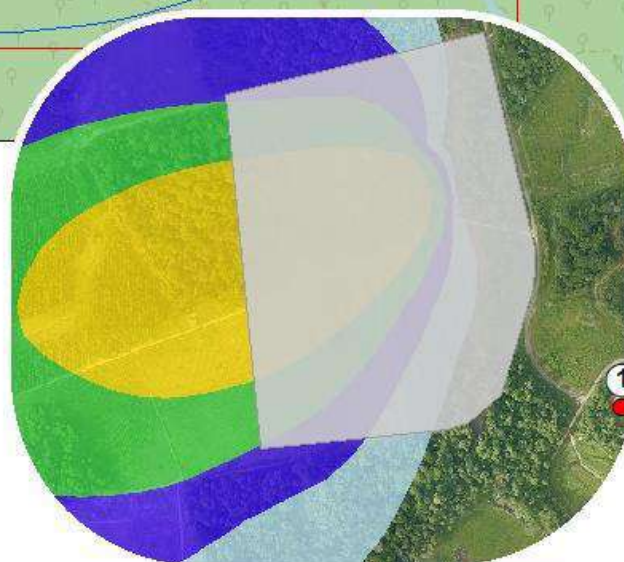


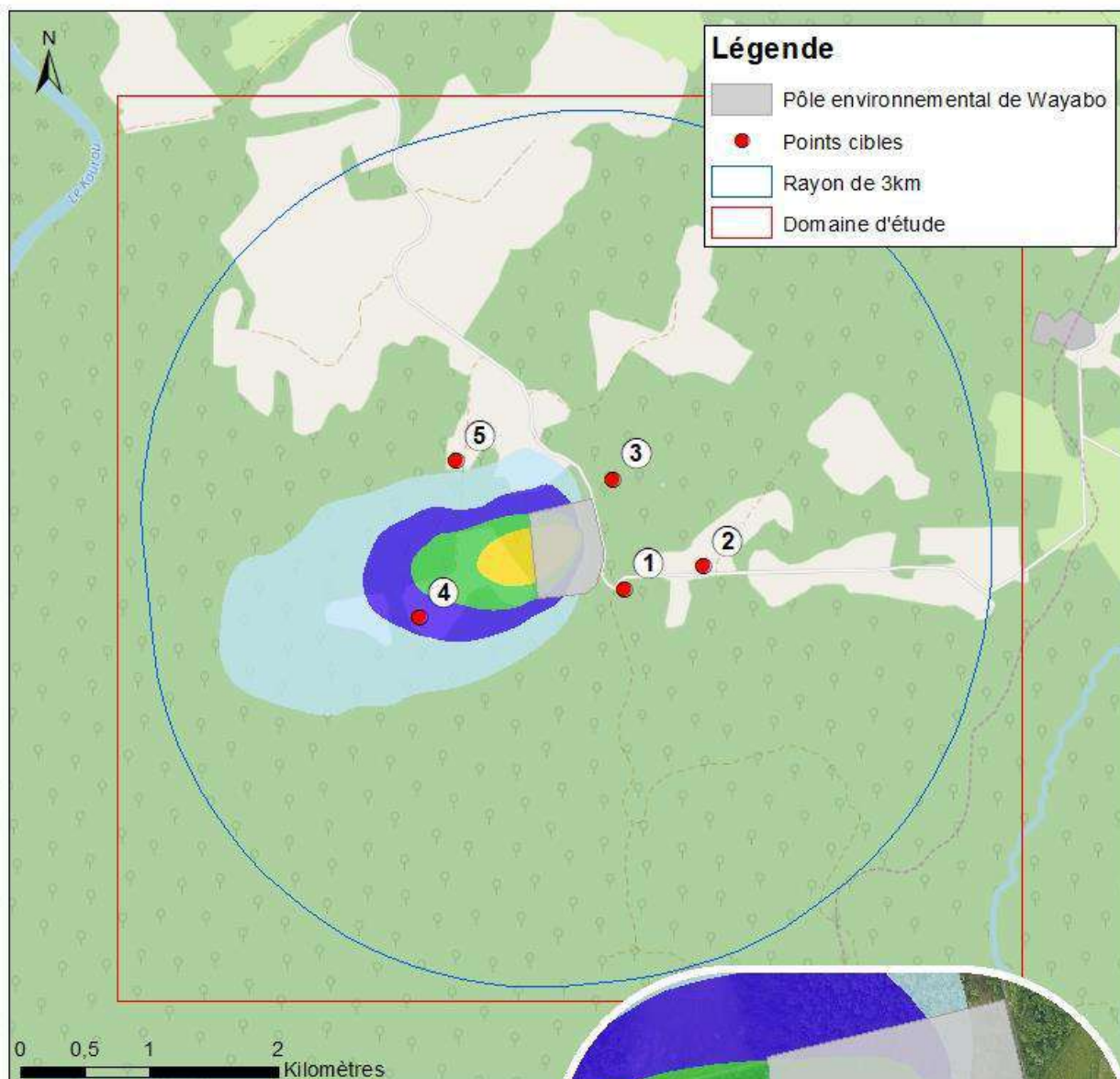


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mercure

- < $7,5\text{e-}005$
- $7,5\text{e-}005$ - $1,5\text{e-}004$
- $1,5\text{e-}004$ - $2,5\text{e-}004$
- $2,5\text{e-}004$ - $4,5\text{e-}004$
- > $4,5\text{e-}004$



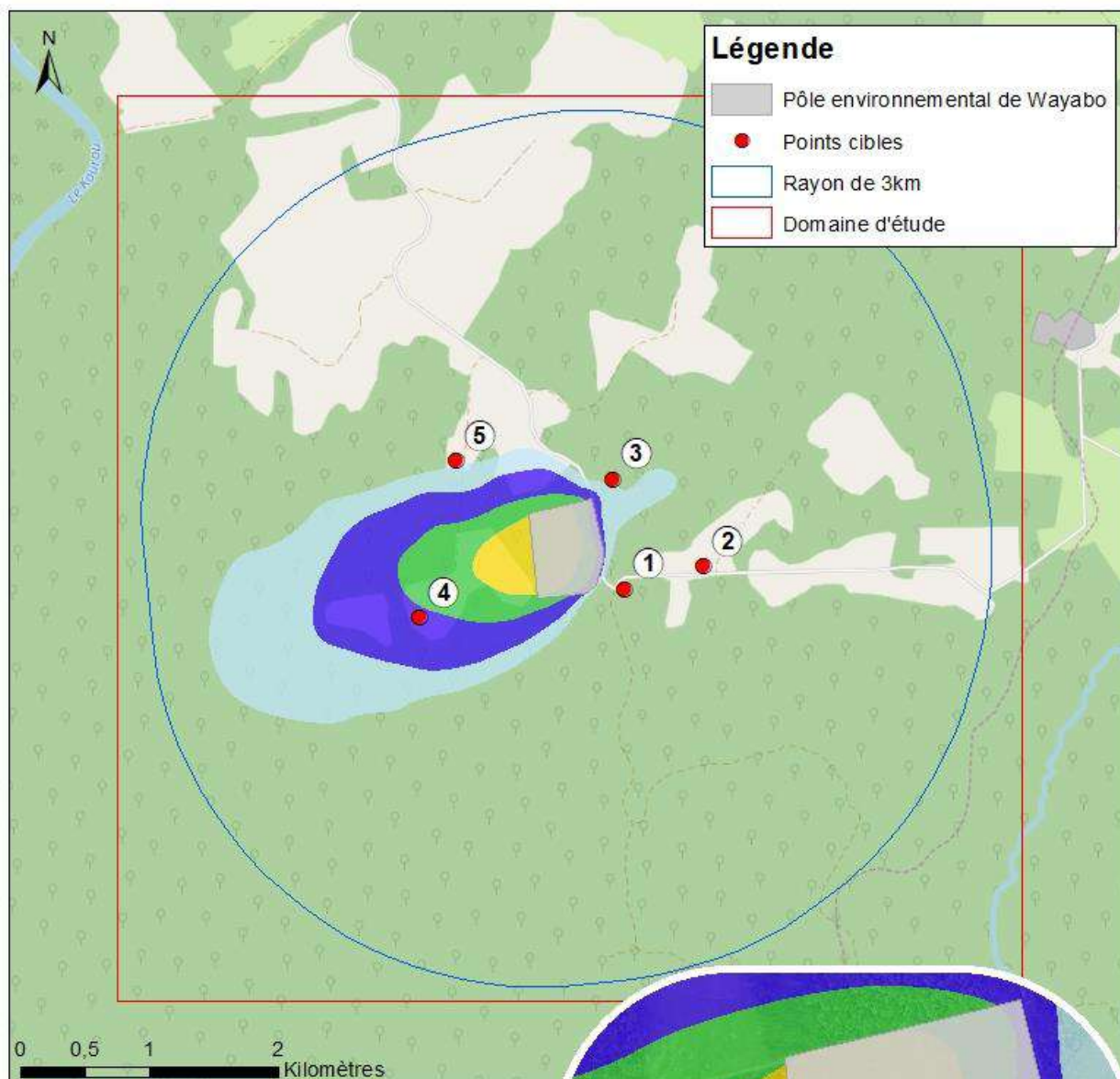


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Nickel


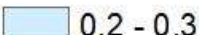
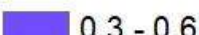
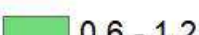

- $< 1,5\text{e-}004$
- $1,5\text{e-}004 - 3,0\text{e-}004$
- $3,0\text{e-}004 - 5,0\text{e-}004$
- $5,0\text{e-}004 - 9,0\text{e-}004$
- $> 9,0\text{e-}004$

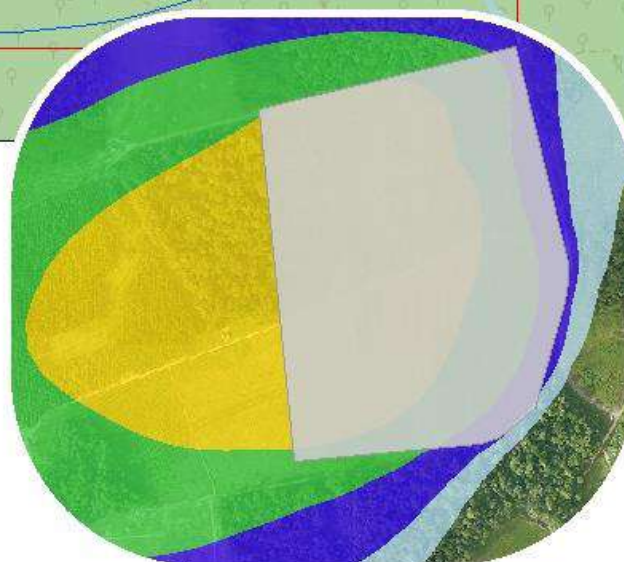


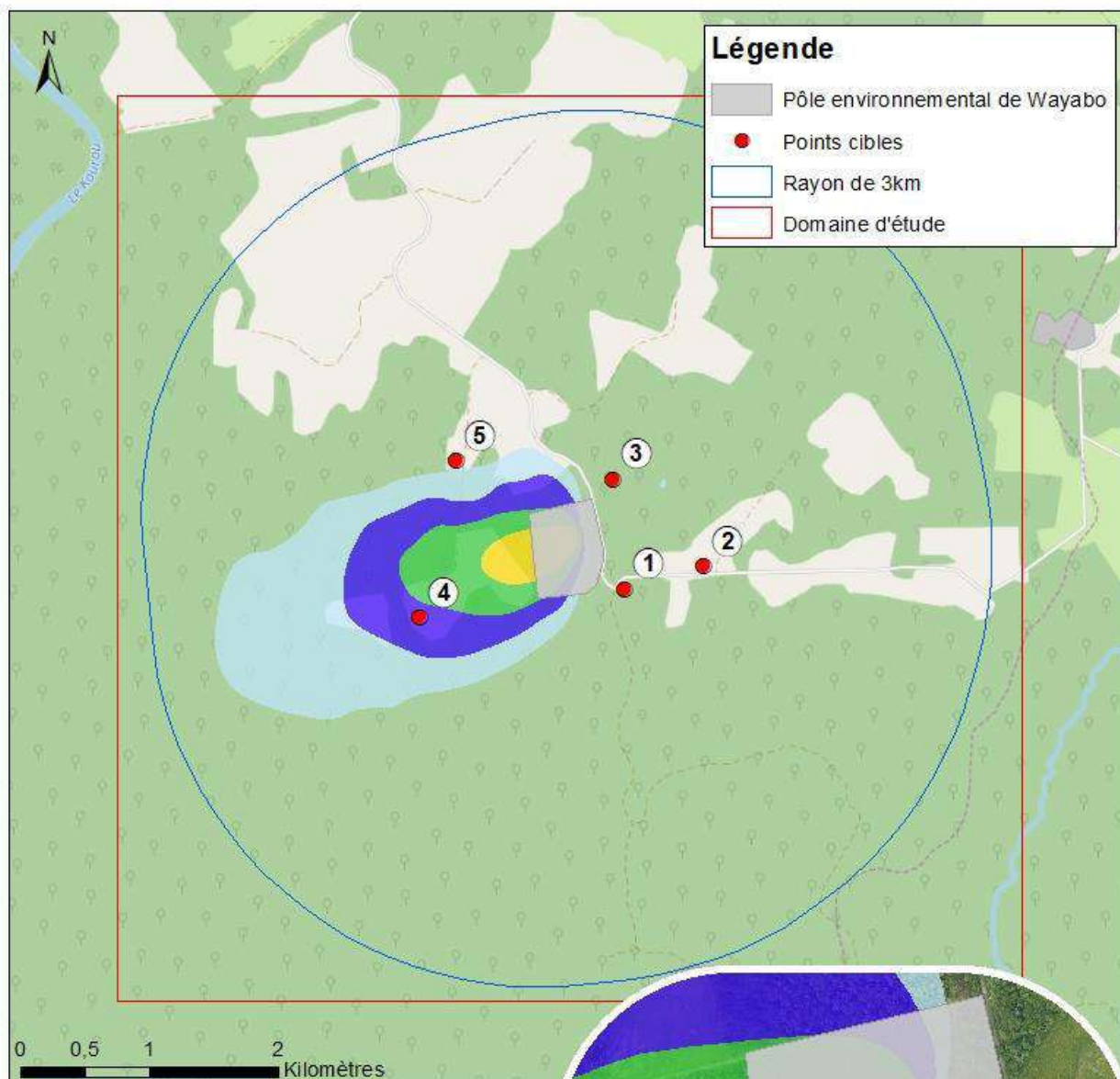


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Oxydes d'azote

-  < 0,2
-  0,2 - 0,3
-  0,3 - 0,6
-  0,6 - 1,2
-  > 1,2



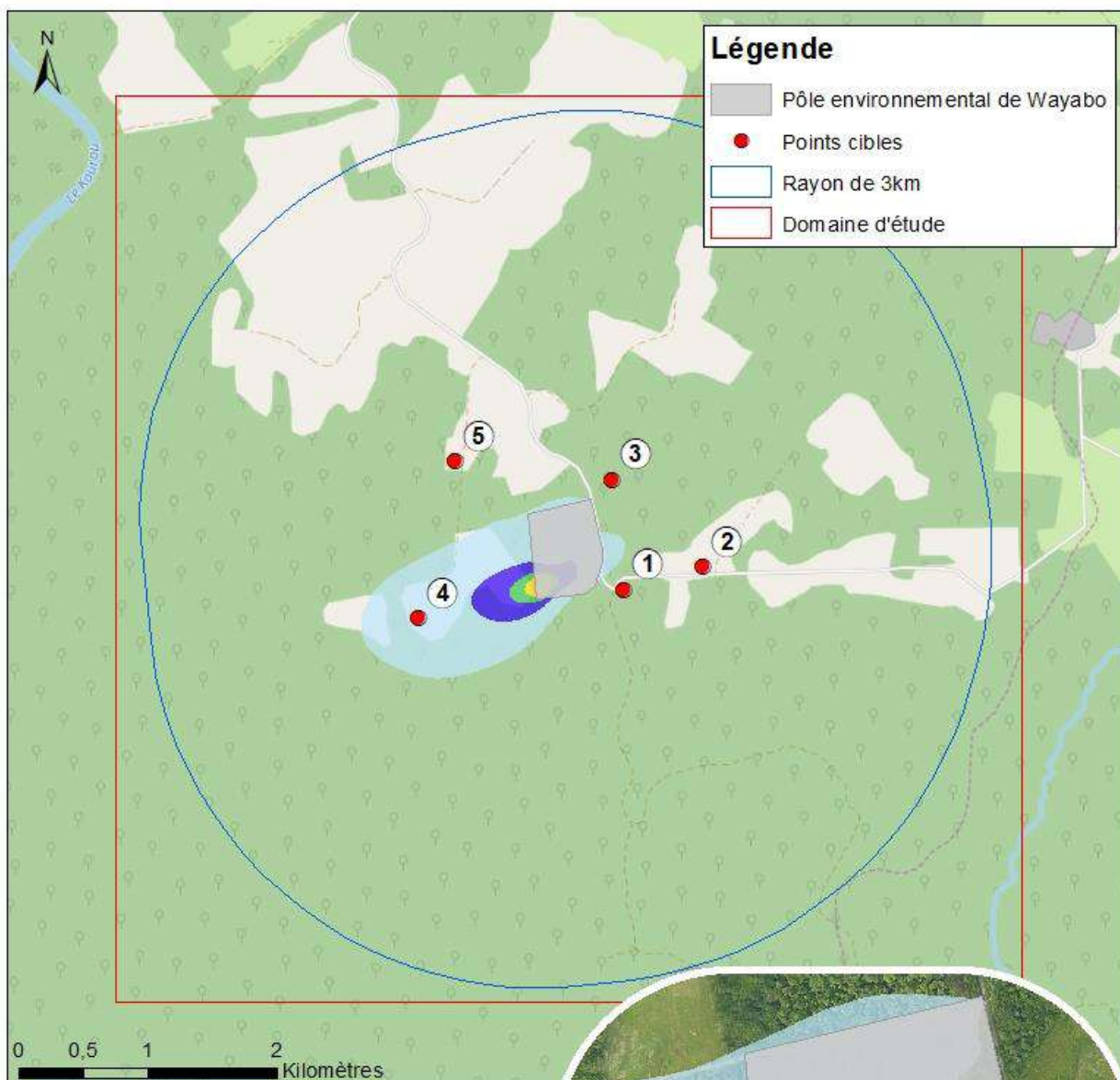


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Plomb

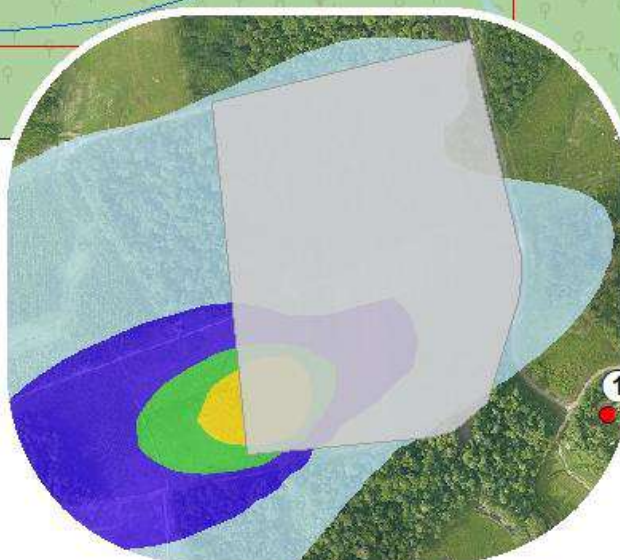
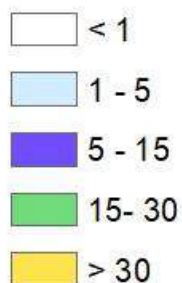
- $< 1,5\text{e-}003$
- $1,5\text{e-}003 - 2,5\text{e-}003$
- $2,5\text{e-}003 - 4,5\text{e-}003$
- $4,5\text{e-}003 - 9,5\text{e-}003$
- $> 9,5\text{e-}003$





Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

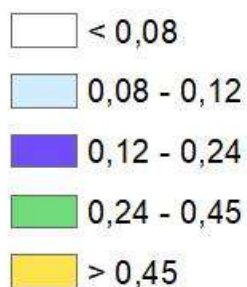
Poussières (PM10)



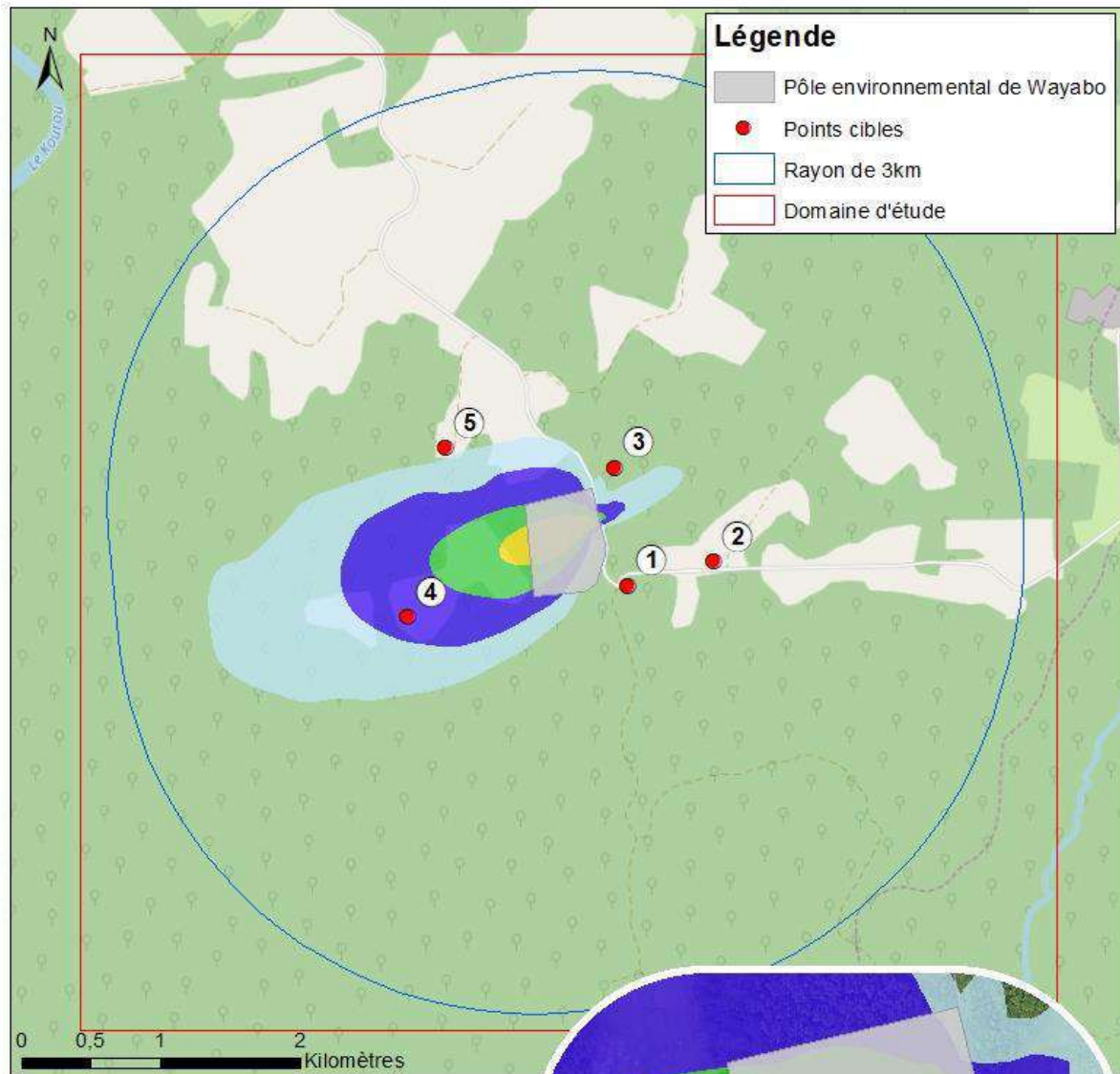


Concentrations en moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Dioxyde de soufre

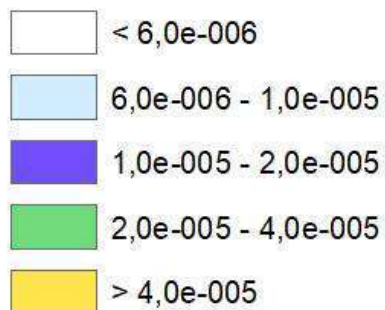


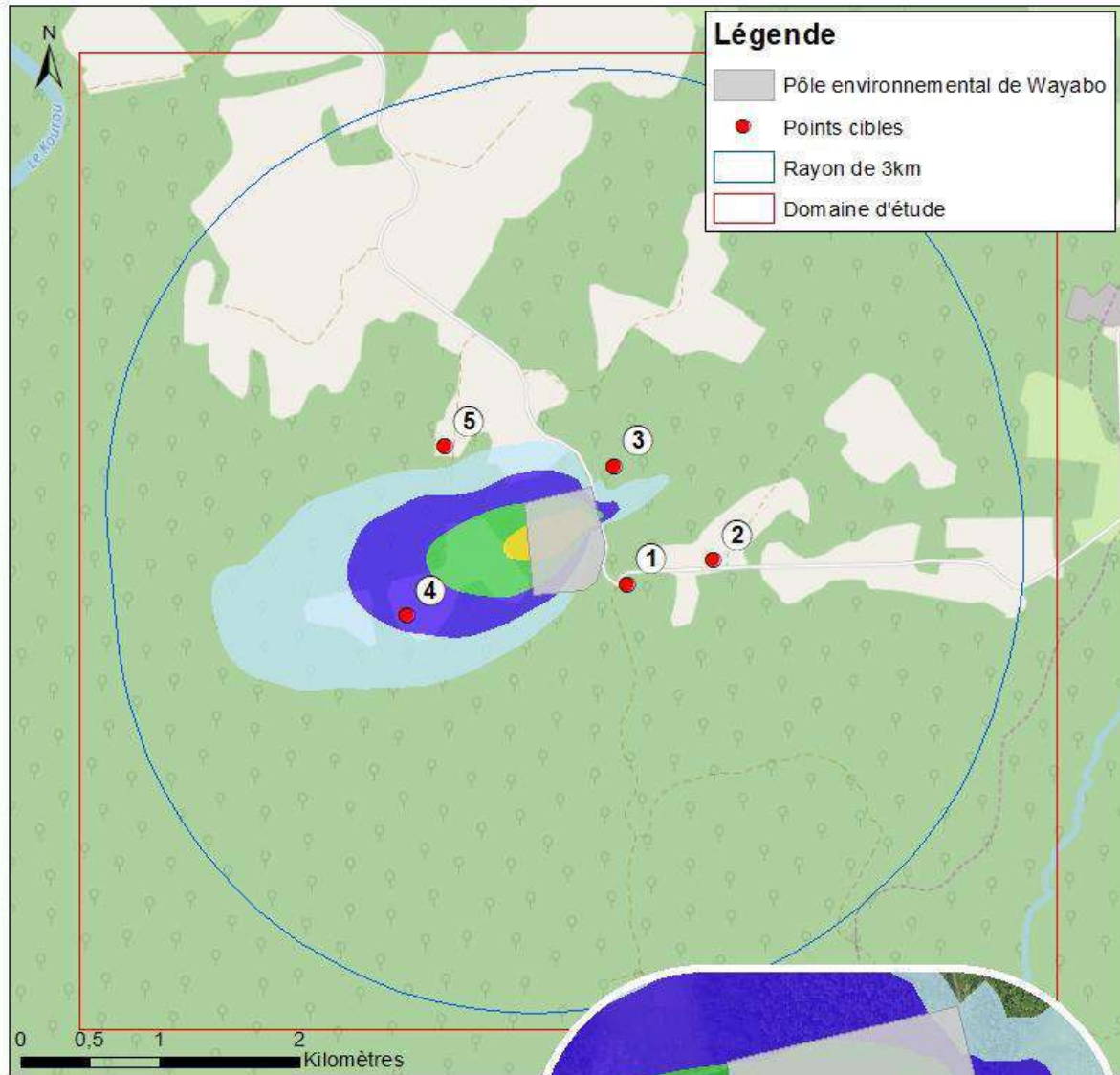
Annexe 4 : Cartes de dépôts au sol



Dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

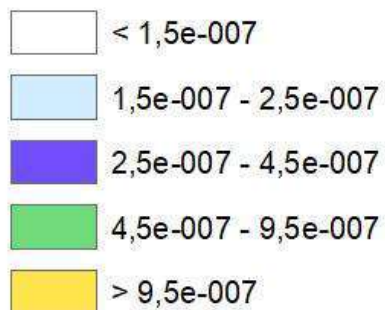
Arsenic





Dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

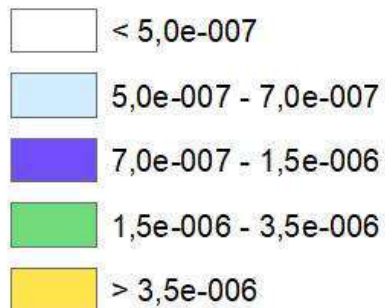
Benzo(a)pyrène

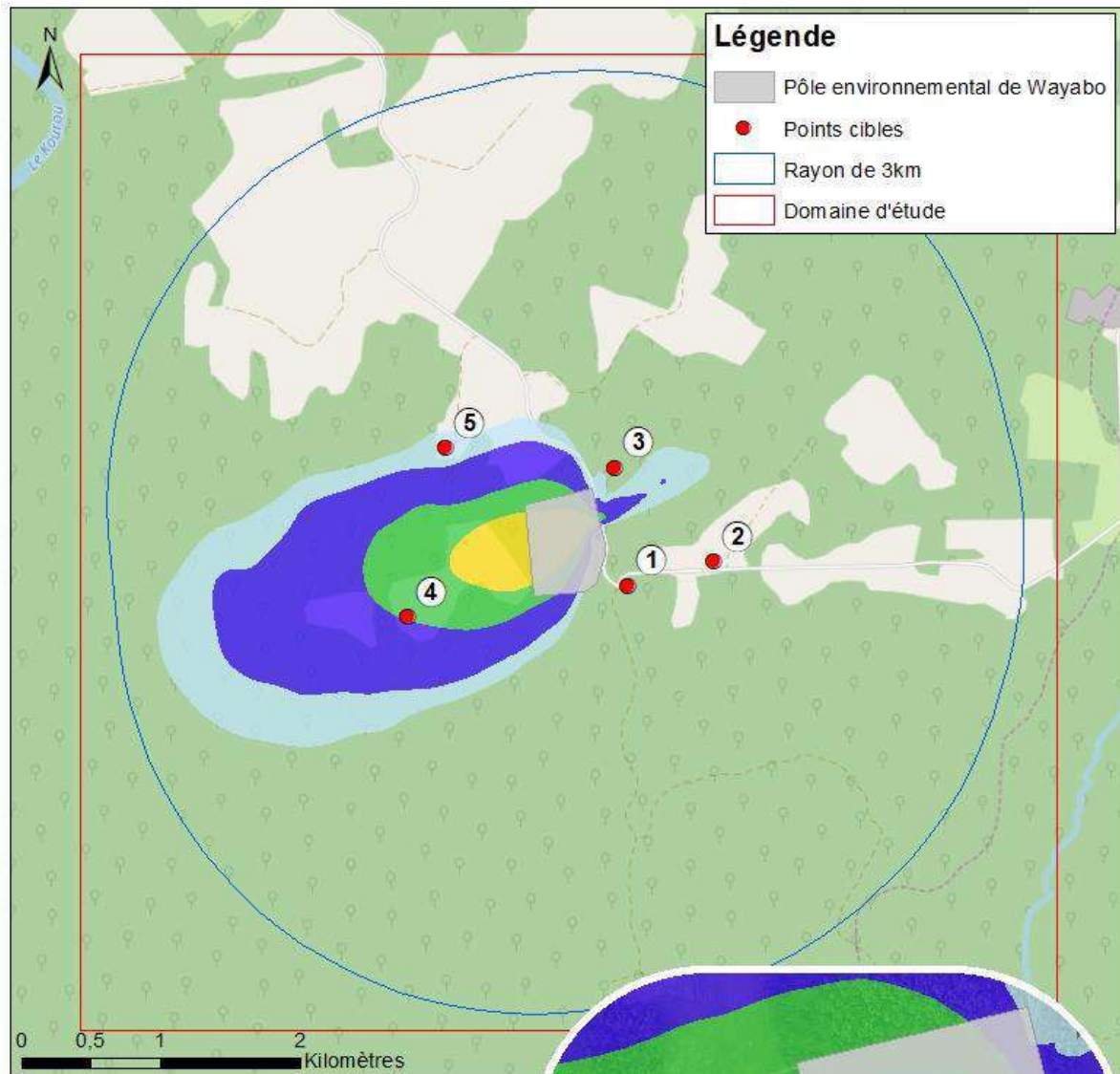




Dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

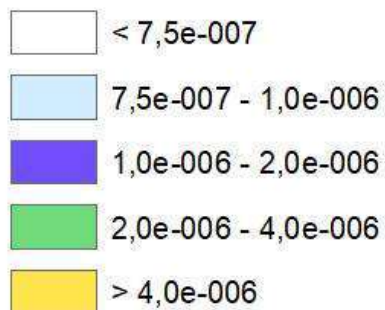
Cadmium

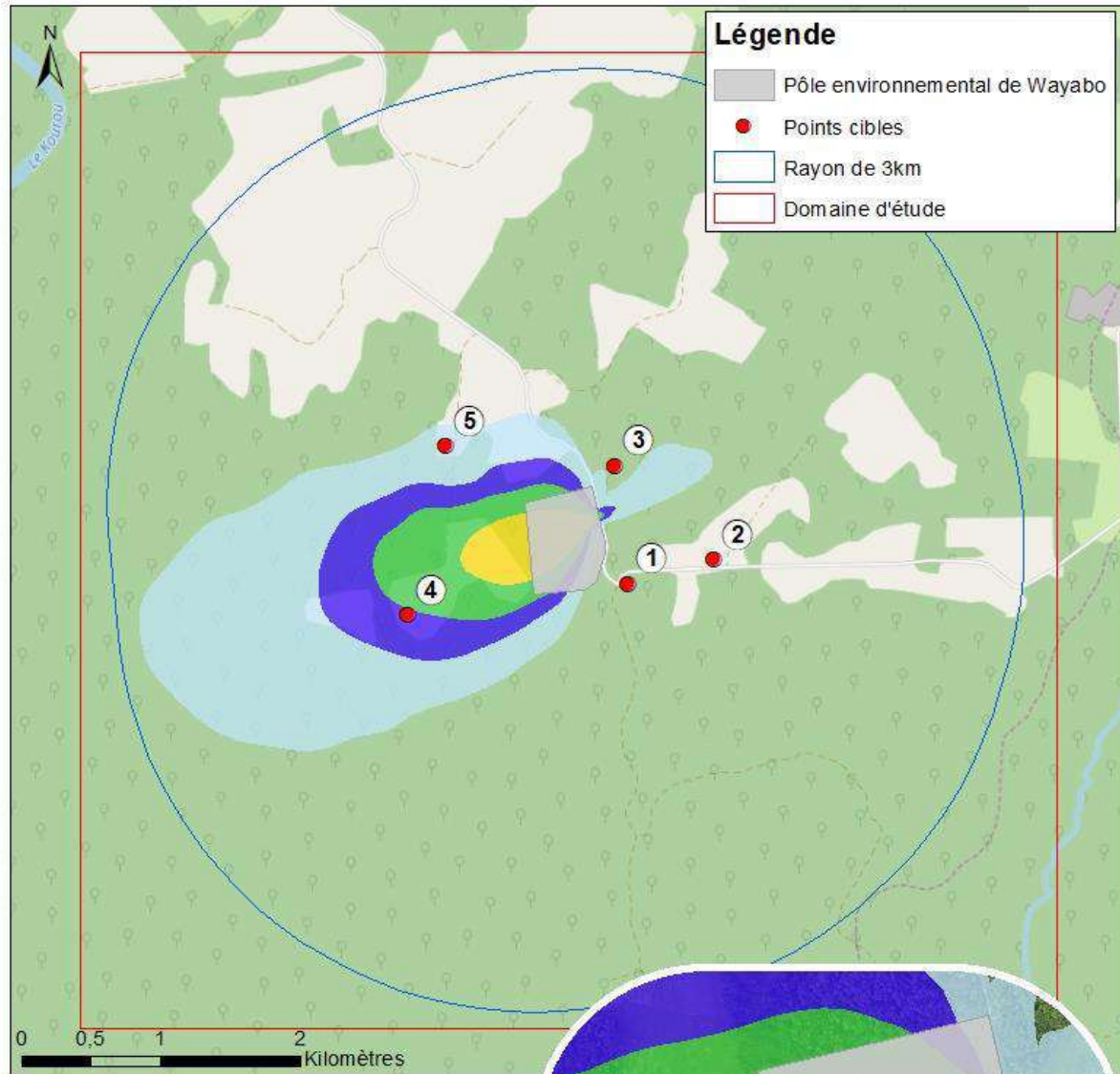




Dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

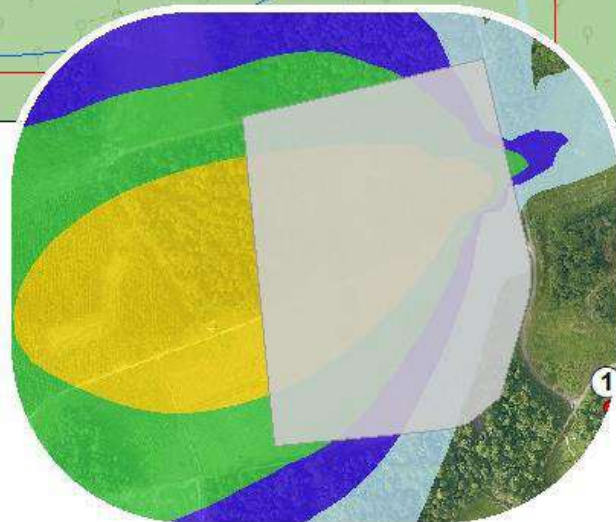
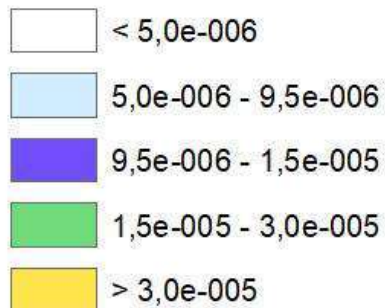
Nickel

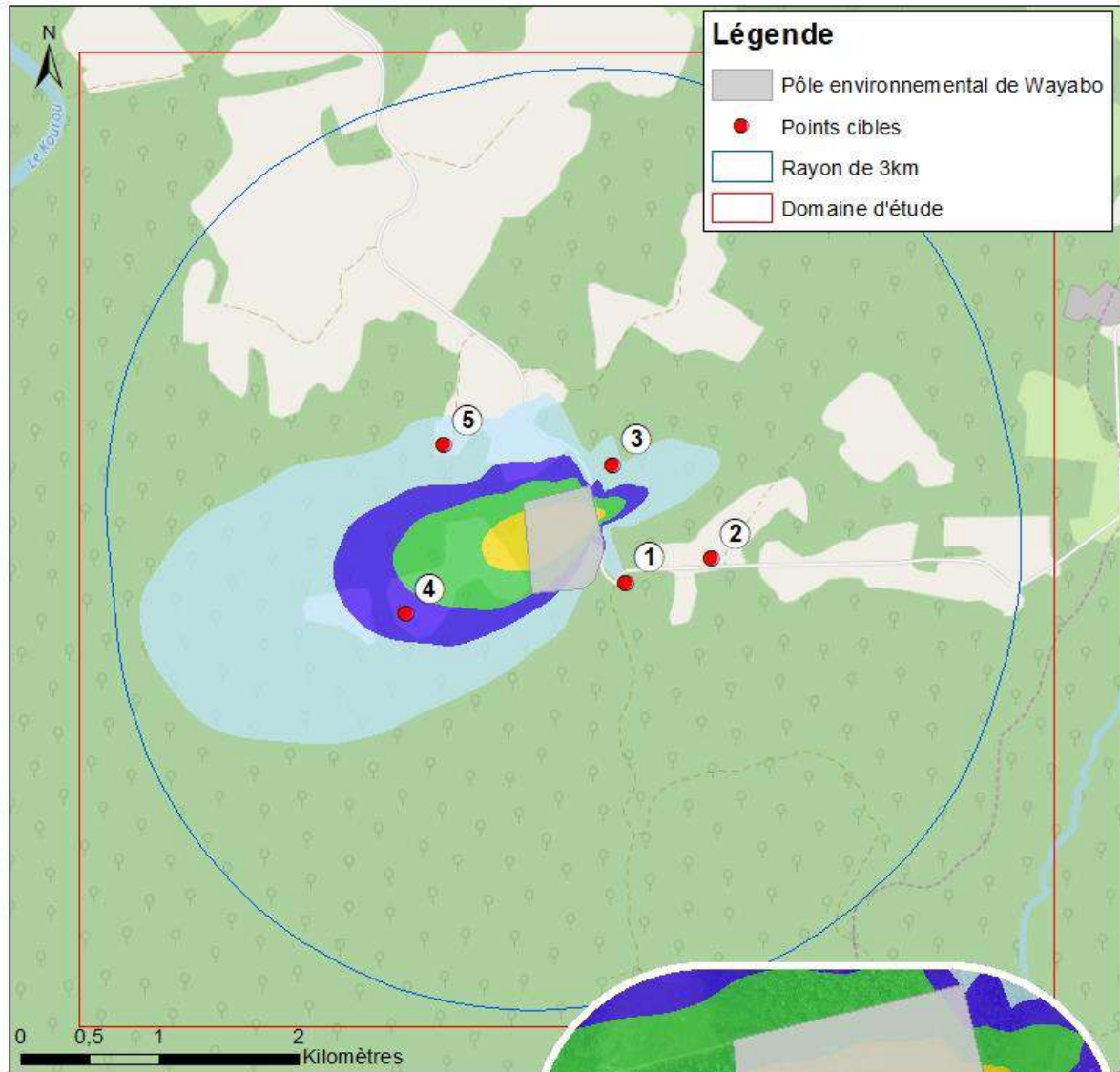




Dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

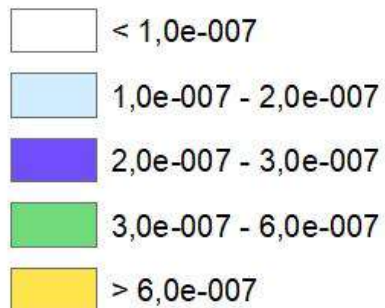
Plomb





Dépôts au sol ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

Mercure



Annexe 5 : Base de données CIBLEX

Informations relative à la consommation proposée dans la base de données CIBLEX⁴²

Les régimes alimentaires sont présentés en fonction principalement de l'âge des individus concernés. En effet, ce critère conditionne le type d'activité physique à prendre en compte et les données physiologiques caractéristiques associées. CIBLEX donne donc selon les critères définis ci-dessous une quantité d'aliment ingérée quotidiennement pour les catégories suivantes d'aliments :

- **viande de bœuf, de cheval et de veau** : bifteck, entrecôte, faux filets, flanchets, rosbif, bœuf bourguignon, bœuf à pot au feu, steak haché, escalope de veau, côte de veau, filet de veau, poitrine de veau, rôti de veau, épaule de veau,
- **viande de mouton** : côtelette d'agneau, gigot, épaule,
- **viande de porc et charcuterie** : côtelette de porc, filet de porc, rôti de porc, travers de porcs, échine, charcuterie (andouillette, boudin, pâté, rillettes, saucisses, jambon...),
- **viande de volaille** : volailles (canard, poulet, dinde, lapin...),
- **légumes feuilles** : artichaut, bettes, brocoli, chicorée frisée, chou de Bruxelles, chou rouge, chou vert, chou-fleur, cresson, céleri, endive, épinard, fenouil, laitue, pissenlit, poireau,
- **légumes fruits** : aubergine, concombre, courgette, haricot vert, poivron, petit pois, potiron, tomate, abricot, cassis, cerise, fraise, framboise, pomme, poire, mirabelle, reine-claude, pêche, raisin, mûre, groseille, melon,
- **légumes racines** : asperge, betterave rouge, carotte, céleri rave, navet, oignon, radis, salsifis, topinambours,
- **pommes de terre** : pomme de terre au four, pomme de terre bouillie, pomme de terre chips, pomme de terre frite,
- **poissons et crustacés** : poissons, huîtres, moules, crevettes, autres crustacés et mollusques.
- **œufs** : blanc d'œuf, jaune d'œuf, œuf au plat, œuf brouillé, œuf dur, œuf cru, œuf poché, omelette,
- **céréales** : pain, biscotte et autres céréales, biscuits secs salés, biscuits sucrés, pâtisserie et viennoiserie, pâtes et riz,
- **beurre** : beurre, beurre allégé, beurre demi-sel,
- **lait UHT** : lait demi-écrémé UHT, lait entier UHT, lait écrémé UHT,
- **produits laitiers, fromages** : fromages, produits laitiers hors lait.

Des nourrissons aux enfants de 35 mois

Pour les besoins de cette étude, deux groupes ont été définis :

- 0 à 11 mois : la consommation alimentaire est d'abord uniquement constituée de lait puis, vers 5 mois, la diversification du régime alimentaire commence ;
- 12 mois à 35 mois : l'équipement dentaire permet de mâcher des substances de consistance ferme et l'équipement enzymatique du tube digestif est complet, permettant à l'enfant de consommer les mêmes aliments que les adultes.

⁴² CIBLEX, Banque de données des paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, IRSN, ADEME, Juin 2003

Les consommations alimentaires de 0 à 3 ans sont basées sur divers conseils alimentaires et études récentes en France (bibliographie).

Les catégories d'aliments des nourrissons (0 à 11 mois) viandes de bœuf, légumes feuilles et légumes fruits représentent respectivement l'ensemble des types de viande (bœuf, volaille...), les légumes verts mixés et les légumes fruits sucrés.

Les informations recueillies sont de niveau national.

de 3 ans à 60 ans et plus

Les régimes alimentaires pour ces classes d'âge sont issus de l'étude Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires (enquête INCA 1999, Volatier, 2000) réalisée par l'AFSSA et les taux d'autoconsommation sont déduits de l'étude de consommation et lieu d'achat des produits alimentaires de l'INSEE de 1991 (Bertrand, 1993).

L'enquête INCA 1999 porte sur les consommations alimentaires de 2491 individus de 3 ans et plus, représentatifs de la population française. Elle a été divisée en deux parties : les adultes normo-évaluants de 15 ans et plus (1474 individus) et les enfants de moins de 15 ans (1017 enfants de 3 à 14 ans). Le relevé des consommations alimentaires a été effectué à l'aide d'un carnet de consommation, sur une période de 7 jours consécutifs, l'identification des aliments et des portions étant facilitée par l'utilisation d'un carnet photographique (glossaire de photos de différentes portions d'aliments courants). Différents points sont à noter :

- ces deux parties doivent être traitées séparément car il y a une sur-représentation des enfants ;
- pour un individu, la catégorie socio-professionnelle est celle du chef de famille du foyer ;
- la représentativité nationale de l'échantillon a été assurée par stratification (région géographique et taille d'agglomération) et par la méthode des quotas qui se base sur la répartition connue de la population pour un certain nombre de caractères (sexe, âge, profession et CSP). L'échantillon est ainsi construit en respectant la distribution de la population, il est choisi de façon à constituer une image aussi fidèle que possible de la population totale ;
- la réalisation des enquêtes a été programmée sur une période de 11 mois régulée en quatre vagues pour intégrer les effets de saisonnalité ;
- il y a deux niveaux géographiques d'agrégation des données : un niveau national et un niveau correspondant aux Zones d'Etude et d'Aménagement du Territoire (ZEAT) définies par l'INSEE, la ZEAT Bassin Parisien ayant été divisée en deux au vu de sa taille (Bassin Parisien Est et Bassin Parisien Ouest).

Une répartition des individus par classes d'âge a été réalisée :

- pour les enfants de moins de 15 ans, deux groupes d'individus ont été définis : de 3 à 7 ans et de 8 à 14 ans. Cette répartition permet d'obtenir une bonne représentativité dans les deux groupes ;
- pour les adultes, trois groupes d'individus ont été définis : de 15 à 19 ans représentatifs des adolescents, de 20 à 60 ans représentatifs des personnes en activité et les plus de 60 ans représentatifs des personnes âgées.

Les trois critères discriminants retenus pour la définition des consommations alimentaires sont le niveau d'agrégation géographique, la taille de la commune d'habitation et le sexe de l'individu concerné. Toutefois ces critères sont inégalement renseignés suivant les classes d'âge.

Pour des besoins de cohérence avec les autres données de l'étude CIBLEX, des équivalences au niveau des classes d'âge ont été faites :

<u>classes INCA</u>		<u>classes CIBLEX</u>
♦ 0-11 mois	⇒	0-11 mois,
♦ 12-35 mois	⇒	12-23 mois,
♦ 3-7 ans	⇒	2-6 ans,
♦ 8-14 ans	⇒	7-11 ans,
♦ 15-19 ans	⇒	12-16 ans
♦ 20-60 ans	⇒	17-60 ans
♦ 61 ans et plus	⇒	61 ans et plus

Remarques importantes :

Ages supérieurs à 2 ans

S'agissant des classes d'âge à partir de 2 ans, le régime alimentaire a été établi en ne tenant compte que des seuls consommateurs.

Pour compléter les informations sur les régimes alimentaires, l'utilisateur peut accéder aux 5, 30, 50, 70 et 95^{ème} percentiles des consommations alimentaires (uniquement pour les ZEAT).

CSP exploitant/ouvrier agricole

Seul le type d'agglomération rural a été considéré pour la définition du régime alimentaire des individus de la catégorie socioprofessionnelle exploitant/ouvrier agricole, dont les représentants habitent à 94% en zone rurale.

L'autoconsommation

Ce paramètre correspond à l'achat ou à un présent d'aliments frais produits par le consommateur ou son voisinage. Il ne représente donc pas la totalité de la consommation en frais, ni la totalité de la consommation d'origine locale. De plus il s'agit de l'étude INSEE de 1991 qui se base sur les achats et non sur les consommations. Ce paramètre permet donc d'obtenir uniquement un ordre de grandeur de l'autoconsommation suivant les ZEAT pour l'ensemble de la population et la population agricole en milieu rural. Il ne permet pas d'évaluer la part des aliments frais.

Ciblex est une publication IRSN/ADEME

Annexe 6 : Résultats par tranche d'âge de la caractérisation des risques sanitaires pour l'exposition par voie digestive

Tableau 69 : doses journalières d'exposition pour la voie digestive

Classe d'âge	Apport par ingestion	Unité	Arsenic	Cadmium	Méthylmercure	mercure inorganique	Nickel	Plomb	Benzo(a)pyrène
Enfant (0 - 1 an)	de sol	mg/kg/j	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
	de végétaux	mg/kg/j	1.8E-05	3.4E-06	9.8E-08	7.0E-06	3.2E-06	2.2E-05	1.1E-06
	de produits animaux	mg/kg/j	1.6E-07	1.7E-09	5.3E-10	0.0E+00	3.6E-07	5.7E-06	8.5E-08
	Apport total	mg/kg/j	1.8E-05	3.4E-06	9.9E-08	7.0E-06	3.5E-06	2.8E-05	1.2E-06
Enfant (1 - 2 ans)	de sol	mg/kg/j	2.3E-05	2.1E-06	9.4E-09	4.6E-07	3.9E-06	2.6E-05	5.4E-07
	de végétaux	mg/kg/j	9.8E-06	1.9E-06	5.5E-08	3.9E-06	1.8E-06	1.2E-05	6.1E-07
	de produits animaux	mg/kg/j	1.6E-06	1.8E-07	2.1E-09	0.0E+00	1.1E-06	3.5E-05	5.3E-07
	Apport total	mg/kg/j	3.5E-05	4.1E-06	6.7E-08	4.4E-06	6.8E-06	7.4E-05	1.7E-06
Enfant (2 - 7 ans)	de sol	mg/kg/j	1.5E-05	1.3E-06	5.9E-09	2.9E-07	2.4E-06	1.7E-05	3.4E-07
	de végétaux	mg/kg/j	6.2E-06	1.2E-06	3.5E-08	2.5E-06	1.1E-06	7.8E-06	3.9E-07
	de produits animaux	mg/kg/j	1.0E-06	1.1E-07	1.3E-09	0.0E+00	7.1E-07	2.2E-05	3.3E-07
	Apport total	mg/kg/j	2.2E-05	2.6E-06	4.2E-08	2.8E-06	4.3E-06	4.6E-05	1.1E-06
Enfant (7 - 12 ans)	de sol	mg/kg/j	2.8E-06	2.4E-07	1.1E-09	5.4E-08	4.6E-07	3.1E-06	6.3E-08
	de végétaux	mg/kg/j	3.5E-06	6.6E-07	2.0E-08	1.4E-06	6.2E-07	4.4E-06	2.2E-07
	de produits animaux	mg/kg/j	5.7E-07	6.4E-08	7.3E-10	0.0E+00	4.0E-07	1.2E-05	1.9E-07
	Apport total	mg/kg/j	6.8E-06	9.7E-07	2.1E-08	1.4E-06	1.5E-06	2.0E-05	4.7E-07
Enfant (12 - 17 ans)	de sol	mg/kg/j	1.6E-06	1.4E-07	6.5E-10	3.2E-08	2.7E-07	1.8E-06	3.8E-08
	de végétaux	mg/kg/j	2.1E-06	3.9E-07	1.2E-08	8.2E-07	3.7E-07	2.6E-06	1.3E-07
	de produits animaux	mg/kg/j	3.4E-07	3.8E-08	4.3E-10	0.0E+00	2.4E-07	7.3E-06	1.1E-07
	Apport total	mg/kg/j	4.0E-06	5.7E-07	1.3E-08	8.6E-07	8.8E-07	1.2E-05	2.8E-07
Adulte (> 17 ans)	de sol	mg/kg/j	1.3E-06	1.2E-07	5.4E-10	2.6E-08	2.2E-07	1.5E-06	3.1E-08
	de végétaux	mg/kg/j	2.4E-06	4.9E-07	1.5E-08	1.1E-06	4.3E-07	3.0E-06	1.6E-07
	de produits animaux	mg/kg/j	2.3E-07	2.2E-08	2.8E-10	0.0E+00	2.0E-07	5.2E-06	7.0E-08
	Apport total	mg/kg/j	4.0E-06	6.3E-07	1.5E-08	1.1E-06	8.5E-07	9.8E-06	2.6E-07
DJE pondérée sur 53 ans	de sol	mg/kg/j	2.4E-06	2.1E-07	9.6E-10	4.7E-08	4.0E-07	2.7E-06	5.5E-08
	de végétaux	mg/kg/j	2.5E-06	4.9E-07	1.4E-08	1.0E-06	4.4E-07	3.1E-06	1.6E-07
	de produits animaux	mg/kg/j	2.8E-07	2.9E-08	3.6E-10	0.0E+00	2.2E-07	6.2E-06	9.0E-08
	Apport total	mg/kg/j	5.1E-06	7.3E-07	1.6E-08	1.1E-06	1.1E-06	1.2E-05	3.0E-07

Annexe 7 : Fiches toxicologiques

1,2-dichloroéthane (N° CAS : 107-06-2)

Références bibliographiques :

- INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales, 1,2dichloroéthane, juillet 2006

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : Les données sur la toxicité subchronique ou chronique du 1,2-dichloroéthane chez l'homme sont peu nombreuses.

Effets cancérigènes : Les études réalisées en milieu professionnel n'ont pas permis d'associer l'exposition par inhalation au 1,2-dichloroéthane à un risque accru de cancer (ATSDR, 2001). Cependant, l'IARC et de l'US EPA classent le 1,2 dichloroéthane comme cancérigène pour l'homme en se basant sur des études réalisées sur des rats et souris.

Effets sur la reproduction et le développement : l'Union Européenne ne classe pas le 1,2 dichloroéthane pour ses effets sur la reproduction et le développement (JOCE, 1993). Des études ont montré une augmentation des malformations cardiaques et du tube neural ainsi que l'augmentation des naissances prématurées. Ces résultats sont cependant à considérer avec prudence dans la mesure où les populations étudiées ont été exposées à de nombreux contaminants.

Classification cancérigène :

- **Union européenne Catégorie 1B (anciennement 2)** - assimilé à une substance cancérigène pour l'homme
- **CIRC – IARC : Groupe 2B** – cancérigène possible pour l'homme (1979)
- **US EPA (IRIS) : Classe B2** - probablement cancérigène pour l'homme par voie orale ou par inhalation. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal, et des preuves non adéquates chez l'homme (1993).

Arsenic (N° CAS : 7440-38-2)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique de l'arsenic et ses dérivés inorganiques*, 2010
- INERIS, *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques : Des **effets cutanés** sont observés quelle que soit la voie d'exposition. Il s'agit d'hyperkératoses associées à une alternance de zones d'hyper et d'hypopigmentation sur la face, le cou et le dos.

Une atteinte du **système nerveux** (polynévrite sensitivo-motrice débutant aux membres inférieurs) est observée par exposition respiratoire ou digestive.

Une atteinte **hématologique** est observée avec anémie, neutropénie, thrombopénie uniquement pour une exposition par voie digestive.

Des effets cardiovasculaires et hépatiques sont également fréquemment décrits. Enfin, l'exposition à l'arsenic est récemment corrélée au diabète sucré (INERIS, 2006 ; INRS, 2006).

Effets cancérogènes : Plusieurs études rapportées par l'INERIS (2006) montrent une association entre :

- le **cancer des voies respiratoires** et l'exposition à l'arsenic inorganique par voie respiratoire. Cette association aurait été retrouvée par ingestion de composés arsenicaux.
- le **cancer cutané** et l'exposition à l'arsenic inorganique par voie digestive (essentiellement par ingestion d'eau).

D'autres localisations de cancers sont suspectées mais non encore confirmées.

Effets sur la reproduction et le développement : Des malformations à la naissance et des petits poids à la naissance sont suspectés, mais ces effets n'ont pas été confirmés.

Classification cancérogène

Union Européenne : compte tenu du nombre important de dérivés de l'arsenic, seuls sont pris en considération les dérivés les plus courants ayant fait l'objet d'une classification par l'Union Européenne.

Pentoxyde d'arsenic (JOCE, 1998), *trioxyde d'arsenic* (JOCE, 1998), *arséniat de plomb*

(JOCE, 1998), *l'acide arsénique et ses sels* (JOCE, 1998) : **Catégorie 1A (anciennement 1)** : « substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme ».

Arsenic : non classé cancérogène (JOCE, 2004) .

CIRC – IARC

Arsenic et ses composés : Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérogène pour l'homme (1987).

Cette classification s'applique à l'ensemble du groupe mais pas nécessairement à chacun des agents.

US EPA (IRIS)

Arsenic : Classe A : substance cancérogène pour l'homme (1998).

Benzo(a)pyrène (N° CAS : 50-32-8)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du benzo(a)pyrène, juillet 2006*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : Non concerné

Effets cancérigènes : Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérigène du benzo[a]pyrène à lui seul chez l'homme. Cependant, chez l'animal, les études montrent que le benzo[a]pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapportés correspondent à une action à la fois locale et systémique.

Effets sur la reproduction et le développement : Le benzo[a]pyrène est classé catégorie 2 par l'union européenne (substance devant être assimilée à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine (JOCE, 2004)).

D'après la bibliographie, aucune étude n'a été effectuée chez l'homme pour rechercher un éventuel effet du benzo[a]pyrène sur la reproduction.

Classification cancérigène :

- **Union européenne : Catégorie 1B** - substance cancérigène pour l'homme (JOCE, 2004)
- **CIRC – IARC : Groupe 1** - cancérigène pour l'homme (2012)
- **US EPA (IRIS) : Classe B2** - cancérigène probable pour l'homme (1994)

Benzène (N° CAS : 71-43-2)

Références bibliographiques :

- INERIS. *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Benzène. Mars 2006*

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques : De nombreuses études ont mis en évidence des effets sur le système sanguin (effets hémotoxiques et immunotoxiques) associés à des expositions par inhalation. Des effets sur le système immunitaire ont également été décrits dans le cadre d'exposition professionnelle au benzène.

Effets cancérogènes : de nombreuses études ont rapporté une augmentation des taux de cancer au cours des expositions professionnelles au benzène. La leucémie aiguë myéloïde est l'affection la plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique.

Effets sur la reproduction et le développement : Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation. Les effets sur la reproduction sont cependant insuffisants pour établir une relation causale : certaines études rapportent une augmentation des anomalies du tube neural et des avortements spontanés, mais d'autres études ne retrouvent pas ces anomalies.

Classification cancérogène :

- **Union européenne : Catégorie 1A (anciennement 1) :** substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme (JOCE, 2004)
- **CIRC – IARC : Groupe 1 :** agent cancérogène pour l'homme (1987)
- **US EPA (IRIS) : Catégorie A :** substance cancérogène pour l'homme (1998).

Formaldéhyde (N° CAS : 50-00-0)

Références bibliographiques :

- INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Formaldéhyde, mai 2005

Date de mise à jour : 19/10/2017

Identification des dangers

Effets systémiques : De nombreuses études réalisées sur la population générale exposée au formaldéhyde dans l'air intérieur des logements ont pu confirmer le pouvoir irritant du formaldéhyde au niveau des voies aériennes supérieures, initialement observé en milieu professionnel.

Effets cancérogènes : Les principaux cancers étudiés chez les sujets exposés au formaldéhyde par inhalation concernent les voies respiratoires supérieures et la cavité buccale, et plus marginalement le cerveau, les leucémies et les maladies de Hodgkin. Le formaldéhyde par voie digestive ne conduit pas au développement de tumeur cancéreuse (OMS, 1996).

Effets sur la reproduction et le développement : Deux études décrivent l'absence de différence sur la qualité du sperme d'hommes exposés par inhalation professionnellement au formaldéhyde par comparaison à des témoins, de même que chez la femme (275 sujets) un taux d'avortements spontanés observé jugé compatible avec le taux basal d'avortements.

Classification cancérogène :

Union européenne : catégorie 1B, substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé

CIRC – IARC : groupe 1, cancérogène pour l'homme (2004)

US EPA (IRIS) : Classe B1 : probablement cancérogène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles.

Cadmium (N° CAS 7440-43-8)

Références bibliographiques :

- INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, cadmium et ses dérivés, avril 2014*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : Le principal organe cible est le rein, atteint sous forme de néphropathie irréversible pouvant conduire à une insuffisance rénale, quelle que soit la voie d'exposition. Une dégénérescence des cellules tubulaires rénales se manifeste précocement, suivie d'une réaction inflammatoire interstitielle puis d'une fibrose. Pour l'exposition par voie respiratoire, il faut ajouter des troubles respiratoires (bronchite obstructive, emphysème) liés au caractère irritant des particules de cadmium. L'organe cible secondaire est l'os, quelle que soit la voie d'exposition (INERIS, 2005).

Effets cancérogènes : Différentes études de mortalité rapportées par le CIRC (1993) montrent une augmentation significative de cancers pulmonaires consécutifs à l'exposition au cadmium par voie respiratoire. Plusieurs études rapportées par l'INERIS (2005) montrent une augmentation de la mortalité par cancer prostatique suite à l'exposition au cadmium par voie respiratoire ou digestive. Ces résultats sont controversés. Des cancers du foie et de l'estomac sont également mis en évidence dans quelques études de cohortes en milieu professionnel.

Effets sur la reproduction et le développement : Les effets du cadmium sur la reproduction et le développement seraient faibles (pas de diminution de la fertilité ni de la fonction endocrine). Chez les animaux, une toxicité sur la reproduction et le développement a été rapportée par le CIRC après une exposition aux composés du cadmium par voie orale ou respiratoire. Pour l'OMS, les études animales par voie orale n'ont pas apporté de preuves satisfaisantes du pouvoir tératogène du cadmium à des doses inférieures aux doses toxiques pour la mère.

Classification cancérogène du cadmium et de ses composés :

- **CIRC** : classés dans le **groupe 1** en 1993, substances cancérogènes pour l'homme
- **Union européenne** : classés en **catégorie 1B (anciennement 2)** en 2004, substances devant être considérées comme cancérogènes pour l'homme
- **US-EPA** : classé B1 en 1987, cancérogène probable chez l'homme

Chrome (N° CAS 7440-47-3)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du chrome et ses dérivés*, février 2005
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)*, mars 2009

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques : L'exposition par inhalation aux composés du chrome III ou du chrome VI a pour cible le **tractus respiratoire** (épistaxis, rhinorrhée, irritation et démangeaisons nasales, atrophie de la muqueuse nasale, ulcérations et perforation du septum nasal, bronchite, pneumoconiose, diminution des fonctions pulmonaires et pneumonie).

L'exposition par voie orale aux composés solubles du chrome peut avoir un effet sensibilisant se traduisant par de l'asthme et des dermatites.

L'exposition cutanée amène à des dermites eczématiformes (éruptions localisées aux avant-bras) (INERIS, 2005).

Effets cancérogènes : De nombreuses études en milieu professionnel ont mis en évidence des excès de mortalité par cancer pulmonaire en lien avec une exposition au chrome VI (chromates, en particulier de calcium et de zinc) (INERIS, 2005).

Effets sur la reproduction et le développement : Les études disponibles ne permettent pas de conclure quant aux effets du chrome sur la reproduction ou le développement (INERIS, 2005).

Classification cancérogène

Union Européenne

Composés du chrome VI :

- *Trioxyde de chrome* (JOCE, 2004), *Chromates de zinc* (JOCE, 1996) : **catégorie 1A (anciennement 1)** (substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme)
- *Dichromate de sodium* (JOCE, 2004), *Dichromate d'ammonium* (JOCE, 2004), *Chromate de sodium* (JOCE, 2004), *Chromate de calcium* (JOCE, 1996), *Dichromate de potassium* (JOCE, 2004), *Dichloro-dioxyde de chrome* (JOCE, 1996), *Chromate de strontium* (JOCE, 1996), *Chromate de potassium* (JOCE, 1996) : **catégorie 1B (anciennement 2)** (substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme)
- *Chromate de plomb* (JOCE, 1998), *Molybdène orange* (JOCE, 1998, 2000) : **catégorie 2 (anciennement 3)** (substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles)

CIRC – IARC

- *Composés du chrome VI* : **groupe 1** (cancérogène pour l'homme) (1990)
- *Composés du chrome III* : **groupe 3** (ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) (1990)

US EPA (IRIS)

- *Composés du chrome VI* : **groupe A** pour l'exposition par inhalation (substance cancérogène pour l'homme) (1998)
- *Composés du chrome VI* : **groupe D** pour l'exposition par voie orale : (Substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme) (1998)
- *Composés du chrome III* : **groupe D** (substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme) (1998)

Sulfure d'hydrogène (N° CAS : 7783-06-4)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du sulfure d'hydrogène, septembre 2011*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : Bien que des données quantitatives manquent, les études de toxicité montrent que le H₂S est absorbé rapidement par les poumons. L'exposition orale est peu probable.

Les données disponibles pour une exposition par inhalation correspondent à quelques rapports de cas et une variété d'études épidémiologiques en milieu professionnel. Ces études montrent qu'une exposition au H₂S à de hautes concentrations a des effets importants sur le système respiratoire pouvant mener à l'inconscience avec des séquelles neurologiques et, parfois à la mort. Chez l'animal, des études démontrent une sensibilité de l'épithélium olfactif nasal aux concentrations basses en H₂S. Cela peut suggérer que l'exposition humaine aux concentrations basses puisse aussi causer des symptômes neurologiques bien que des données de réponse d'exposition quantitatives manquent.

Par ailleurs, l'exposition orale est peu probable.

Effets cancérogènes : Aucune étude n'a montré d'effet cancérogène attribuable au sulfure d'hydrogène.

Effets sur la reproduction et le développement : Aucune étude n'a montré d'effet génotoxique attribuable au sulfure d'hydrogène.

Classification cancérogène :

- **Union européenne :** non classé
- **CIRC – IARC :** non classé
- **US EPA (IRIS) :** non classé

Acide chlorhydrique (N° CAS 7647-01-0)

Références bibliographiques :

- INERIS, Annick Pichard, Toxicité aiguë de l'acide chlorhydrique (HCl), Rapport final, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Janvier 2000
- INRS, Fiche toxicologique N°13. Edition 1997. 4p.
- US-EPA, fiche IRIS : Hydrogene chloride, Last revised 07/01/1995

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets locaux : L'exposition répétée à l'acide chlorhydrique est responsable de gingivostomatites et érosions dentaires, de dermatoses, d'irritation des voies respiratoires se traduisant par des épistaxis et des ulcérations nasales pouvant aller jusqu'à une bronchite chronique (INRS, 2006).

Effets cancérogènes : Les expérimentations animales n'ont pas mis en évidence d'augmentation de la mortalité ou de l'incidence des tumeurs malignes chez les animaux exposés à l'acide chlorhydrique (INRS, 2006).

Effets sur la reproduction et le développement : Il n'a pas été recueilli de données sur les effets de l'acide chlorhydrique sur la reproduction et le développement.

Classification cancérogène du cadmium et de ses composés :

CIRC – IARC (1989) : classé 3 (inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'Homme).

Acide fluorhydrique (N° CAS 7664-39-3)

Références bibliographiques :

- Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Acide fluorhydrique. Septembre 2011.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment, Air- Hot Spots Guidelines, Fluoride including hydrogen fluoride

Date de mise à jour : 16/02/2017

Identification des dangers

Effets locaux : Toxicité aiguë :

L'exposition au fluorure d'hydrogène gazeux ou à des aérosols de solutions aqueuses produit une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires. Le HF est caustique pour la peau et les muqueuses avec lesquelles il entre en contact. L'ingestion d'une solution de HF est suivie de douleurs buccales, rétrosternales et épigastriques. Les vomissements sont fréquents, parfois sanglants. Les complications pouvant apparaître dans les jours qui suivent l'ingestion sont une hémorragie digestive ou gastrique, une perforation oesophagienne ou gastrique, une détresse respiratoire...

Toxicité chronique :

L'exposition répétée au HF et à ses dérivés minéraux est responsable d'une irritation de la peau, des muqueuses oculaires et respiratoires. Elle peut entraîner une surcharge fluorée, la fluorose. Cette intoxication se traduit par une augmentation de la densité osseuse. L'atteinte dentaire est due à la fixation du fluor sur les bourgeons dentaires et ne s'observe que lorsque l'intoxication a eu lieu dans l'enfance.

Effets cancérigènes : Les fluorures inorganiques ont été classés pour le risque de cancer par le CIRC dans la catégorie 3 (Inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'Homme).

Classification cancérigène : Non classé

Manganèse (N° CAS 7439-96-5)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du manganèse et ses dérivés*, avril 2007
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)*, mars 2009

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques : Lors d'exposition chronique au manganèse, ce sont des atteintes du système nerveux central qui prédominent (**manganisme**). Les symptômes sont à la fois des troubles psychiatriques et des atteintes purement neurologiques. Les troubles psychiques précèdent habituellement les déficits moteurs (Calne *et al.*, 1994). Les effets du manganèse sont similaires à ceux observés dans la maladie de Parkinson.

Les effets de l'exposition par ingestion d'eau ou d'aliments ne sont pas mis en évidence chez l'homme aux concentrations environnementales, même lorsque les concentrations en manganèse sont élevées, probablement parce que l'organisme exerce un fort contrôle homéostatique sur la quantité de manganèse absorbée.

Le contact cutané est irritant et réversible à l'arrêt de l'exposition (ATSDR, 2000 ; IPCS, 1981 ; OMS, 2000).

Effets cancérogènes : Il n'a pas été retrouvé d'étude humaine faisant état du potentiel cancérogène des poussières de manganèse. Les études par voie digestive chez l'animal montreraient une augmentation des risques de cancer.

Effets sur la reproduction et le développement : Les effets sur la reproduction et le développement du manganèse sont peu fiables.

Classification cancérogène

Union européenne : Pas de classification

CIRC – IARC : groupe 3 (ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) (IARC, 1987)

US EPA (IRIS) : classe D (substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme) (US EPA, 1996c)

Mercure (N° CAS 7439-97-6)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du mercure et ses dérivés, version 4 septembre 2010*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques :

Mercure élémentaire : Les organes cibles sont le **système nerveux central** et les **reins**. Les effets observés sont les mêmes que pour une exposition aiguë : tremblements, troubles de la mémoire, irritabilité, baisse des performances intellectuelles et gingivite. Les atteintes rénales sont observées pour des concentrations supérieures à 50 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de créatinine. Il s'agit de protéinurie accompagnée de lésions tubulaires rénales, puis glomérulaires pour des concentrations plus élevées.

Chez les enfants, l'exposition respiratoire au mercure peut entraîner l'apparition de la « maladie rose » (pink disease) qui est une tuméfaction froide et humide des extrémités.

Les effets de l'exposition au mercure des amalgames dentaires sont controversés.

L'exposition digestive au mercure élémentaire entraîne des troubles cardiaques, gastro-intestinaux, neurologiques et rénaux.

Certaines personnes développent des stomatites par contact cutané avec les amalgames dentaires.

Mercure inorganique : Il n'y a pas de données sur les effets du mercure inorganique par voie respiratoire, chez l'homme.

Par ingestion, le mercure inorganique a des **effets rénaux et neurotoxiques**. Des troubles cardiovasculaires ont été observés chez les enfants, accompagnés de douleurs abdominales, de diarrhée, de crampes et de troubles neurologiques.

L'exposition cutanée conduit à des troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, rénaux, neurologiques et immunologiques.

Mercure organique : Par voie respiratoire, l'exposition au mercure organique entraîne des troubles respiratoires, gastro-intestinaux, musculaires, hépatiques et neurologiques.

Par voie digestive, le **cerveau** est le principal organe cible du mercure organique avec une atteinte particulière des organes, des sens et de la motricité. A long terme, l'exposition chronique par voie digestive au mercure organique est mortelle.

L'exposition cutanée est mal renseignée.

Effets cancérogènes : Les effets cancérogènes du mercure métallique chez l'homme sont controversés ce qui justifie son classement en groupe 3 par le CIRC. Il n'y a pas d'étude sur la cancérogénicité du mercure inorganique chez l'homme. La cancérogénicité du mercure organique est encore incertaine.

Effets sur la reproduction et le développement

Concernant le mercure élémentaire : des études menées, sur des femmes enceintes, chez les dentistes et leur personnel, au Danemark, aux USA, en Pologne, en Suède, en Union Soviétique décrivent une augmentation des malformations congénitales et des avortements. De même, une diminution du poids des enfants à la naissance a été notée.

Concernant le mercure organique, plusieurs études menées dans des endroits différents ont étudié l'effet du méthylmercure sur le développement des enfants dont les mères furent exposées pendant toute la grossesse à du méthylmercure par voie orale. Ces publications ont principalement étudié les paramètres neuropsychologiques et les effets sur le neurocomportement des enfants.

Classification cancérogène

L'Union Européenne

- Mercure élémentaire : non classé (JOCE, 1998).
- Dichlorure de mercure ou chlorure mercurique: non classé (JOCE, 1998).

CIRC – IARC : groupe 3 (ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) (IARC, 1987)

US EPA (IRIS)

- Mercure élémentaire : classe D – ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme (US EPA, 1995)
- Chlorure mercurique : classe C – cancérogène possible pour l'homme (US EPA, 1995).

Monoxyde de carbone (N° CAS : 630-08-0)

Références bibliographiques :

- *INRS. Fiche toxicologique n°47 Oxyde de carbone, 1996*
- *WHO Air Quality Guidelines - Second Edition, 2000*

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : Le monoxyde de carbone aurait, à faible dose (à partir de 5 % chez des adultes en bonne santé), des effets neurologiques, en particulier sur la psychomotricité (baisse de la coordination, de la vigilance et visuelle). Il aurait également des effets sur le système cardiovasculaire.

Effets cancérigènes : Il n'a pas été recueilli de données indiquant que le monoxyde de carbone aurait des effets cancérigènes.

Effets sur la reproduction et le développement : Le monoxyde de carbone a également des effets néfastes sur les femmes enceintes, sur le fœtus et sur le nouveau né (OMS, 2000 ; IPCS, 1999).

Classification cancérogène :

Sans objet

Nickel (N° CAS : 7440-02-0)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du nickel et ses dérivés*, juillet 2006
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)*, mars 2009

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques :

Des données en population humaine montrent que des expositions prolongées à très fortes doses par inhalation provoquent des pathologies respiratoires telles que la bronchite chronique, l'asthme, et une capacité respiratoire réduite, ces pathologies pouvant aller jusqu'au décès.

Par voie cutanée, les effets systémiques les plus courants sont les réactions allergiques consécutives à un contact avec des objets en nickel : il s'agit le plus souvent d'un eczéma au point de contact.

Pour les effets par ingestion, seules des données de toxicité aiguë sont disponibles. Chez l'homme, des effets sur le système nerveux ont été observés après exposition à forte dose aux sels hydrosolubles de nickel (chlorure et sulfate). Par ailleurs, suite à l'ingestion de boissons contaminées par des sels de nickel, des manifestations de types nausées, crampes, diarrhées et vomissements ont été observées. Enfin, des effets hépatiques (modification du poids du foie) ont été observés.

Effets cancérogènes : Les différentes études épidémiologiques en milieu professionnel portant sur les effets cancérogènes du nickel ont mis en évidence une augmentation du risque de cancer du poumon et du nez pour une exposition par inhalation. Concernant la voie orale, il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude disponible concernant les effets cancérogènes chez l'homme.

Effets sur la reproduction et le développement : Il n'existe pas d'études chez l'homme quant aux effets sur la reproduction et le développement du nickel par voie orale ou cutanée (OMS IPCS, 1991 ; ATSDR, 1997). Cependant, des études sur les rats ont montré une augmentation des problèmes de gestation (augmentation des fausses-couches, des naissances prématurées et de la proportion de morts-nés dans les portées).

Classification cancérogène :

- **CIRC : composés du nickel** classés dans le **groupe 1**, cancérogènes chez l'homme, par inhalation en 1990 et **nickel métal classé dans le groupe 2B**, cancérogène probable chez l'homme, en 1990
- **Union européenne : monoxyde de nickel, dioxyde de nickel et trioxyde de dinickel classés en catégorie 1A**, cancérogènes pour l'homme en 2001. Le **nickel métal** est classé en **catégorie 2** depuis 1993, substance préoccupante pour ses effets cancérogènes possibles
- **US-EPA : poussières de raffinage et sous-sulfure de nickel (Ni3S2) classés A**, cancérogènes pour l'homme en 1991.

Dioxyde d'azote (N° CAS 10102-44-0)

Références bibliographiques :

- INERIS, Fiche toxicologique pour les oxydes d'azote, novembre 2011
- WHO : Air quality guidelines for Europe. Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide

Date de mise à jour : 06/03/2012

Identification des dangers

Effets systémiques : Les études de cohorte suggèrent une association entre l'exposition au dioxyde d'azote (concentrations au domicile) et l'incidence de l'asthme chez l'enfant. Des symptômes de toux et de bronchite se trouvent également augmentés. Il est également rapporté des atteintes de la fonction pulmonaire chez les enfants (5 fois plus de valeurs inférieures aux 80 % prédit) qui persistent dans la vie adulte. Il est difficile de dissocier les effets du dioxyde d'azote de ceux d'autres polluants présents dans les mêmes lieux d'exposition (particules ultra-fines, oxyde nitreux, particules, benzène).

Effets cancérogènes : La pollution associée au trafic automobile est associée avec des cancers chez l'enfant et des cancers pulmonaires chez l'adulte mais sans qu'il soit montré une association spécifiquement avec le dioxyde d'azote.

Effets sur la reproduction et le développement : La pollution de l'air est associée à la naissance de bébés à petits poids, à des retards de croissance intra-utérine, à des naissances avant-terme et à une mortalité périnatale. Ces effets sont liés à la pollution d'origine automobile sans que le dioxyde d'azote ait été incriminée individuellement (OMS, 2006).

Classification cancérogène du cadmium et de ses composés :

- **CIRC** : non classé ;
- **Union européenne** : non classé ;
- **US-EPA** : non classé.

Plomb (N° CAS 7439-92-1)

Références bibliographiques :

- INERIS, *fiche toxicologique du plomb et ses dérivés*, février 2003
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)*, mars 2009

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques :

Effets sur le système nerveux central : Chez l'adulte comme chez l'enfant il est observé des troubles neurologiques (troubles du sommeil, irritabilité, anxiété, perte de mémoire, confusion, sensation de fatigue. Certains auteurs suggèrent l'absence de seuil de plombémie pour ces effets. Les personnes âgées (effets sur la mémoire, l'orientation spatiale, la concentration et la dextérité) et les enfants (impact sur le développement des fonctions cognitives) sont particulièrement sensibles (INERIS, 2003).

Effets sur le système nerveux périphérique se traduisant essentiellement par une faiblesse musculaire (INERIS, 2003).

Effets hématologiques : Anémie liée à l'inhibition de la synthèse de l'hème et à la réduction de la vie des érythrocytes (INERIS, 2003).

D'autres effets, rénaux (altération de la filtration glomérulaire), cardiovasculaires (hypertension artérielle) et immunitaires sont évoqués par plusieurs études portant sur de fortes expositions, mais elles restent controversés (INERIS, 2003).

Effets cancérogènes : Des études en milieu professionnel montrent une augmentation significative des cancers bronchiques et rénaux (INERIS, 2003).

Effets sur la reproduction et le développement : Plusieurs études montrent des effets de l'exposition au plomb sur la reproduction (diminution hormonale, diminution du nombre de spermatozoïdes, avortements, petits poids à la naissance...), ou le développement, en particulier neurologique (INERIS, 2003).

Classification cancérogène :

- **CIRC** : groupe 2B, cancérogène possible pour l'homme
- **Union européenne** : non classé
- **US-EPA** : B2, potentiellement cancérogène pour l'homme (1989)

Poussières (PM10 et PM2,5)

Références bibliographiques :

- *Health Canada, Liste des substances d'intérêt prioritaire : rapport d'évaluation – particules inhalables de 10 µm ou moins, mai 2000*
- *Organisation Mondiale de la Santé, Air quality Guidelines – Global Update 2005 – Particule matter, ozone, nitroge d'oxide and sulfure dioxide, 2005*
- *Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact, Q54 : Quelles VTR appliquer dans les problématiques « poussières », Décembre 2007*

Date de mise à jour : 23/01/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : Augmentation de la mortalité, des symptômes de maladies respiratoires, diminution de la fonction et de la capacité pulmonaire chez les enfants et augmentation des cas de bronchite chronique et d'asthme chez certains adultes.

Dans l'Union Européenne, l'exposition aux PM2,5 produites par les activités humaines réduit en moyenne l'espérance de vie de 8,6 mois.

Effets cancérigènes : Il n'existe pas de concentration en poussières en dessous de laquelle il n'ait pas été constaté une augmentation de la mortalité. Il a été constaté une augmentation des cancers pulmonaires dans des études transversales en association avec une exposition aux PM10 et aux PM2,5.

Effets sur la reproduction et le développement : L'exposition de femmes aux poussières a été rapprochée d'effets sur la reproduction et le développement, mais ces effets doivent encore être confirmés par d'autres études.

Classification cancérogène

CIRC : 1 pour les particules diesel (2012) ;

Union européenne : non classées ;

US-EPA : non classées.

Dioxyde de soufre (N° CAS : 7446-09-5)

Références bibliographiques :

- INERIS, Fiche toxicologique pour le dioxyde de soufre, septembre 2011
- INRS, Fiche toxicologique pour le dioxyde de soufre, 2006
- OMS, Guidelines for Air Quality, Genève 2000
- Organisation Mondiale de la Santé, Air quality Guidelines – Global Update 2005 – Particule matter, ozone, nitrogene dioxide and sulfure dioxide, 2005

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques : L'exposition prolongée augmente l'incidence de pharyngites et de bronchites chroniques qui peuvent s'accompagner d'emphysème et d'altération de la fonction pulmonaire. Ces effets respiratoires sont augmentés par la présence de particules respirables, le tabagisme et l'effort physique. Le dioxyde de soufre peut aggraver l'asthme et les maladies pulmonaires inflammatoires ou fibrosantes. Aux concentrations urbaines de certaines villes canadiennes (moyenne : 5 $\mu\text{g.m}^{-3}$) et américaines (moyenne : 85 $\mu\text{g.m}^{-3}$), il est associé une apparition ou une aggravation des affections respiratoires (toux, dyspnée) et une augmentation du taux de mortalité par maladie respiratoire ou cardiovasculaire. Le dioxyde de soufre peut également provoquer des irritations oculaires.

Effets cancérogènes : il n'existe pas de données suffisantes pour conclure à ce sujet.

Effets sur la reproduction et le développement : Il n'a pas été mis en évidence de lien de causalité entre l'exposition au dioxyde de soufre et des effets sur la reproduction et le développement.

Classification cancérogène :

- **CIRC : groupe 3** (1992), ne peut être classé pour sa cancérogénicité chez l'homme
- **Union européenne :** non classé
- **US-EPA :** non classé

Zinc (N° CAS 7440-66-6)

Références bibliographiques :

- INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales, zinc et ses composés, mars 2005*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 14/01/2016

Identification des dangers

Effets systémiques :

On connaît peu de choses sur la toxicité à long terme du zinc par inhalation. Aucun effet hépatique ou rénal n'a été décelé chez des travailleurs exposés durant plusieurs années au zinc.

Par voie orale, l'ingestion de sulfate de zinc ou d'oxyde de zinc peut entraîner des crampes d'estomac, des nausées et des vomissements. De nombreux cas d'anémies ont été décrits chez des personnes supplémentées en zinc durant de longues périodes (1 à 8 ans). Le zinc joue un rôle dans le développement et le maintien de l'intégrité du système immunitaire. Cependant, des doses trop élevées en zinc altèrent les réponses immunes et inflammatoires.

Effets cancérigènes :

Deux études réalisées en milieu professionnel et correspondant à des expositions par inhalation, n'ont pas montré d'augmentation significative de l'incidence des cancers en relation avec l'exposition au zinc.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il a été démontré des effets tératogènes chez les animaux de laboratoire.

Classification cancérogène :

- **CIRC** : Le zinc et ses dérivés n'ont pas fait l'objet d'une classification par l'IARC.
- **Union européenne** : le zinc en poudre, le chlorure de zinc, l'oxyde de zinc, le phosphate de zinc et le sulfate de zinc ne sont pas classés.
- **US-EPA** : zinc et ses dérivés : Classe D : "substances non classifiables quant à leur cancérogénicité pour l'homme" (1991).